

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-5707

(P2005-5707A)

(43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>H01L 21/027  
G03F 7/20

F1

H01L 21/30 515D  
G03F 7/20 502  
G03F 7/20 521

テーマコード(参考)

2H097  
5F046

審査請求 有 請求項の数 12 O L 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2004-169275 (P2004-169275)  
 (22) 出願日 平成16年6月8日(2004.6.8)  
 (31) 優先権主張番号 03253636.9  
 (32) 優先日 平成15年6月9日(2003.6.9)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP)  
 (31) 優先権主張番号 03255395.0  
 (32) 優先日 平成15年8月29日(2003.8.29)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP)  
 (31) 優先権主張番号 03257068.1  
 (32) 優先日 平成15年11月10日(2003.11.10)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP)

(71) 出願人 504151804  
 エイエスエムエル ネザランドズ ベスロ  
 ーテン フェンノートシャップ  
 オランダ国 フェルトホーフエン、デ ル  
 ン 6501  
 (74) 代理人 100066692  
 弁理士 浅村 皓  
 (74) 代理人 100072040  
 弁理士 浅村 肇  
 (74) 代理人 100072822  
 弁理士 森 徹  
 (74) 代理人 100080263  
 弁理士 岩本 行夫

最終頁に続く

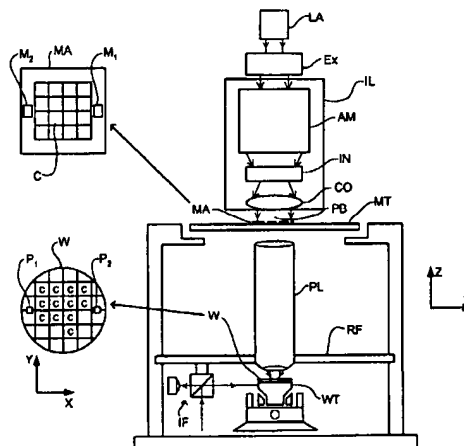
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 改善された機能性を有する浸漬式リソグラフィ  
 投影装置を提供する。

【解決手段】 放射線源 L A をも備えた、放射線の投影ビ  
 ーム P B を供給するための放射線システム E x、I L と  
 、部材 P L に対してマスクを正確に位置決めするための  
 第 1 の位置決め手段に接続された第 1 のオブジェクト・  
 テーブル (マスク・テーブル) M T と、部材 P L に対し  
 て基板を正確に位置決めするための第 2 の位置決め手段  
 に接続された第 2 のオブジェクト・テーブル (基板テー  
 ブル) W T と、マスク M A の照射された部分を基板 W の  
 ターゲット部分 C に結像させるための投影システム P L  
 とを備えている。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

放射線の投影ビームを提供するための放射線システムと、  
パターン形成手段を支持するための支持構造であって、該パターン形成手段が所望のパターンに従って前記投影ビームにパターンを形成するように働く支持構造と、  
基板を保持するための基板テーブルと、  
パターンが形成された前記ビームを前記基板のターゲット部分の上に投影するための投影システムと、

前記投影システムの最終要素と前記基板テーブル上に配置されたオブジェクトの間の空間の少なくとも一部分を満たすための液体供給システムと

10

を有するリソグラフィ投影装置であって、前記浸漬液を通過した前記放射線の投影ビームによって照明されるように配置される少なくとも 1 つのセンサを有することを特徴とするリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 2】

前記基板テーブルが、前記投影システムと前記センサの間の中間板を支持するための支持表面を有し、前記センサと接触しない請求項 1 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 3】

前記基板テーブルが前記ビームを検知するための透過イメージ・センサをさらに有し、前記中間板を前記センサと前記投影システムの間に配置することができる請求項 2 に記載の装置。

20

## 【請求項 4】

前記センサが前記基板テーブル上に配置される請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 5】

前記センサが、前記投影システムに対して前記基板テーブルの位置を調整するために用いられるアライメント・センサである請求項 1 から 4 までのいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 6】

前記アライメント・センサの測定格子が 500 nm 未満のピッチを有する請求項 5 に記載のリソグラフィ投影装置。

30

## 【請求項 7】

前記アライメント・センサが斜めに照明されるようになっている請求項 5 又は 6 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 8】

前記センサが透過イメージ・センサである請求項 1、2 又は 4 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 9】

前記センサが焦点センサである請求項 1、2 又は 4 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 10】

前記センサが、スポット若しくは線量センサ、又は一体化された干渉計とスキャナ、又はアライメント・マークである請求項 1、2 又は 4 に記載のリソグラフィ投影装置。

40

## 【請求項 11】

前記基板テーブルが、センサのエッジの少なくとも一部分を囲み、かつ前記センサの主要な表面と実質的に同一平面上にある、前記投影システムに面する主要な表面を提供するためのエッジ・シール部材をさらに有し、前記液体供給システムが液体を前記センサの局部領域に供給する請求項 1 から 10 までのいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 12】

少なくとも一部分が放射線感光材料の層で被覆された基板を提供するステップと、  
放射線システムを用いて放射線の投影ビームを提供するステップと、  
パターン形成手段を用いて前記投影ビームの断面にパターンを付与するステップと、

50

パターンが形成された前記放射線ビームを放射線感光材料の層のターゲット部分の上に投影するステップと、

基板テーブル上のオブジェクトと、前記投影ステップで使用される投影システムの最終要素との間の空間の少なくとも一部分を満たすように液体を提供するステップと

を含むデバイス製造方法であって、前記放射線ビームを前記浸漬液を通してセンサ上に投影することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、

放射線の投影ビームを提供するための放射線システムと、

パターン形成手段を支持するための支持構造であって、パターン形成手段が所望のパターンに従って投影ビームにパターンを形成するように働く支持構造と、

基板を保持するための基板テーブルと、

パターンが形成されたビームを基板のターゲット部分の上に投影するための投影システムと、

前記投影システムの最終要素と前記基板テーブル上に配置されたオブジェクトの間の空間の少なくとも一部分を液体で満たすための液体供給システムと

を有するリソグラフィ投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

本明細書で使用する「パターン形成手段」という用語は、基板のターゲット部分に作成するパターンに対応するパターンが形成された断面を、入射する放射線ビームに付与するために用いることができる手段を指すものと広く解釈すべきであり、「光弁 (light valve)」という用語もこの意味で用いることができる。一般に、前記パターンは、集積回路や他のデバイスなど、ターゲット部分に作成されるデバイスの特定の機能層に対応している (以下参照)。こうしたパターン形成手段の例には以下のものが含まれる。

マスク

マスクの概念はリソグラフィの分野では周知であり、それにはバイナリ・マスク、交互位相シフト・マスク (alternating PSM) 及び減衰位相シフト・マスク (attenuated PSM) などのマスク・タイプ、並びに様々なハイブリッド型のマスク・タイプが含まれる。こうしたマスクを放射線ビーム中に配置すると、マスク・パターンに従って、マスク上に衝突する放射線の選択的透過 (透過性マスクの場合) 又は反射 (反射性マスクの場合) が行われる。マスクの場合、その支持構造は、一般に入射する放射線ビーム中の所望の位置にマスクを保持できること、及び必要であればビームに対してマスクを移動できることを保証するマスク・テーブルである。

プログラマブル・ミラー・アレイ

このようなデバイスの一例は、粘弾性制御層及び反射面を有する、マトリクス状にアドレス指定可能な表面である。こうした装置の背景となる基本原理は、(例えば) 反射面のアドレス指定された領域が入射光を回折光として反射し、アドレス指定されていない領域が入射光を非回折光として反射することにある。適切なフィルタを用いると、前記非回折光を反射ビームから濾去し、後に回折光のみを残すことができる。このようにして、マトリクス状にアドレス指定可能な表面のアドレス指定されたパターンに従ってビームにパターンが形成される。プログラマブル・ミラー・アレイの別の実施例は小さいミラーのマトリクス状の配列を使用するものであり、適切な局部電界を印加するか、あるいは電圧作動手段を用いることによりそれぞれのミラーを別々に軸線を中心に傾斜させることができる。ここでも、ミラーはマトリクス状にアドレス指定可能にされ、アドレス指定されたミラーが、入射する放射線ビームを、アドレス指定されていないミラーとは異なる方向に反射する。このようにして、マトリクス状にアドレス指定可能なミラーのアドレス指定パターンに従って、反射ビームにパターンが形成される。必要なマトリクス・アドレス指定は、

10

20

30

40

50

適切な電子手段を用いて実施することができる。上述のどちらの場合も、パターン形成手段は1つ又は複数のプログラマブル・ミラー・アレイを備えることができる。本明細書で言及するミラー・アレイに関する他の情報は、例えば米国特許第5, 296, 891号及び第5, 523, 193号、並びにPCT特許出願WO98/38597号及びWO98/33096号から得られ、これらを参照によって本明細書に組み込む。プログラマブル・ミラー・アレイの場合、前記支持構造は、例えばフレーム又はテーブルとして実施されることができ、これらは必要に応じて固定することも移動させることもできる。

#### プログラマブルLCDアレイ

このような構成の例は米国特許第5, 229, 872号に示されており、これを参照によって本明細書に組み込む。この場合の支持構造は、上述のように、例えば必要に応じて固定することも移動させることもできるフレーム又はテーブルとして実施されることができ

10

#### 【0003】

簡略化のために、本明細書の他の部分では特定の箇所で、特にマスク及びマスク・テーブルに関する実施例に言及することがあるが、こうした実施例の中で論じる一般原理は、先に述べたように、パターン形成手段のより広い意味において理解すべきである。

#### 【0004】

リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路(IC)の製造に用いることができる。このような場合、パターン形成手段はICの個々の層に対応する回路パターンを生成することが可能であり、このパターンを、放射線感光材料(レジスト)の層で被覆した基板(シリコン・ウェハ)上の(例えば1つ又は複数のダイを含む)ターゲット部分に結像させることができる。一般に単一のウェハは、投影システムにより1つずつ連続的に照射される隣接するターゲット部分の全ネットワークを含む。マスク・テーブル上のマスクによるパターン形成を採用する現在の装置は、異なる2つのタイプの装置に区別することができる。一方のタイプのリソグラフィ投影装置では、マスク・パターン全体をターゲット部分の上に一度に露光することによって各ターゲット部分を照射するようになっており、こうした装置は一般にウェハ・ステッパと呼ばれる。もう一方の装置は、一般にステップ・アンド・スキャン式装置と呼ばれ、マスク・パターンを投影ビームの下で所与の基準方向(「走査」方向)に漸次走査し、それと同時にこの方向に対して平行又は逆平行に基板テーブルを同期して走査することによって各ターゲット部分を照射する。一般に、投影システムは倍率M(一般に $M < 1$ )を有するため、基板テーブルを走査する速度Vはマスク・テーブルを走査する速度のM倍になる。本明細書に記載するリソグラフィ装置に関するさらに詳しい情報は、例えば米国特許第6, 046, 792号から得ることができ、これを参照によって本明細書に組み込む。

20

30

#### 【0005】

リソグラフィ投影装置を用いた製造工程では、少なくとも一部を放射線感光材料(レジスト)の層で被覆した基板の上に(例えばマスクの)パターンが結像(イメージング)される。この結像ステップの前に、プライミング、レジスト・コーティング及びソフト・ベークなど様々な処理を基板に施すことができる。また露光後に、露光後ベーク(PEB)、現像、ハード・ベーク及び結像したフィーチャの測定/検査など他の処理を基板に施すこともできる。この一連の処理が、例えばICなどのデバイスの個々の層にパターンを形成するための基礎として用いられる。次いで、こうしたパターンが形成された層を、エッチング、イオン注入(ドーピング)、メタライゼーション、酸化、化学的機械研磨など様々な処理にかけることが可能であり、これらは全て、個々の層を仕上げるものである。いくつかの層が必要な場合には、全ての処理又はその変形形態を新しい層ごとに繰り返さなければならない。最終的に一連のデバイスが基板(ウェハ)上に形成されることになる。次いで、これらのデバイスをダイシングやソーイングなどの技術によって互いに分離し、それによって個々のデバイスをキャリアに取り付けたり、ピンに接続したりすることができるようになる。こうした工程に関する他の情報は、例えばピーター・ファン・ツァント(Peter van Zant)の著書「マイクロチップの製造：半導体処理のための

40

50

実用ガイド (Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing)」第3版、マグローヒル出版社、1997、ISBN 0-07-067250-4 から得ることができ、これを参照によって本明細書に組み込む。

#### 【0006】

簡略化のために、以下では投影システムを「レンズ」と呼ぶことがあるが、この用語は、例えば屈折光学系、反射光学系、及び反射屈折光学系を含めて様々なタイプの投影システムを包含するものとして広く解釈すべきである。放射線システムはまた、放射線の投影ビームの方向付け、成形又は制御を行うために、これらの設計タイプのいずれかに従って動作する構成要素を含むことができ、こうした構成要素も以下では一括して、又は単独で「レンズ」と呼ぶことがある。さらに、リソグラフィ装置は2以上の基板テーブル（及び／又は2以上のマスク・テーブル）を有するタイプのものであってもよい。こうした「マルチ・ステージ」装置では、追加のテーブルを並行して用いてもよく、あるいは1つ又は複数のテーブル上で予備ステップを実施し、それと同時に1つ又は複数の他のテーブルを露光に用いることもできる。例えば米国特許第5,969,441号及びWO98/40791号には2ステージ・リソグラフィ装置が記載されており、これらを参照によって本明細書に組み込む。

10

#### 【0007】

投影レンズの最終光学要素と基板の間の空間を満たすように、リソグラフィ投影装置中の基板を比較的高い屈折率を有する液体、例えば水などに浸漬させることが提唱されてきた。この要点は、液体中では露光放射線が空気中や真空中より短い波長を有するため、より小さいフィーチャの結像が可能になることにある。（液体の効果を、システムの有効NAを高めることと考えることもできる）。

20

#### 【0008】

しかし、基板、又は基板と基板テーブルを液体槽に浸す（例えば米国特許第4,509,852号参照。その全体を参照によって本明細書に組み込む）ことは、走査露光中に加速させなければならない大量の液体が存在することを意味する。これには追加のモータ又はより強力なモータが必要であり、また液体が乱れることによって望ましくない予測できない影響をまねく恐れがある。

#### 【0009】

提唱されている解決策の1つは、液体供給システムが基板、及び投影システムの最終要素と基板の間の局部領域のみに液体を供給することである（基板は一般に、投影システムの最終要素より大きい表面積を有する）。これを構成するために提唱されている1つの方法がWO99/49504号に開示されており、その全体を参照によって本明細書に組み込む。図14及び15に示すように、液体は、好ましくは最終要素に対して基板の移動方向に沿って、少なくとも1つの入口INによって基板上に供給され、投影システムの下を通過した後、少なくとも1つの出口OUTによって除去される。すなわち、基板が要素の下を-X方向に走査されるため、液体は要素の+X側で供給され、-X側で吸収される。図15は、液体が入口INによって供給され、低圧源に接続された出口OUTによって要素のもう一方の側で吸収される構成を概略的に示している。図14の例では、液体が最終要素に対して基板の移動方向に沿って供給されているが、このようにする必要はない。最終要素の周りに配置された入口及び出口は様々な向き及び数とすることが可能であり、いずれの側にも4組の入口と出口が最終要素の周りに規則正しいパターンで設けられている一例を図23に示す。

30

40

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

本発明の目的は、改善された機能性を有する浸漬式リソグラフィ投影装置を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

50

## 【0011】

この目的及び他の目的は、前記浸漬液を通過した前記放射線の投影ビームによって照明されるように配置される少なくとも1つのセンサを有すること特徴とする、冒頭のパラグラフで言及したリソグラフィ投影装置において本発明に従って実施される。この方法では、センサからの信号を補正して、センサで測定されたパラメータが基板に結像するために異なる媒体を通ることを考慮するために綿密な測定を行う必要はない。ただし、センサの設計が液体で浸漬される場合の使用に適合するものであることを保証する必要がある場合もある。本発明に利用可能なセンサには、投影システムに対して基板テーブルの位置を調整するために用いられるアライメント・センサ、透過イメージ・センサ、焦点センサ、スポット若しくは線量センサ、一体化されたレンズ干渉計とスキャナ、並びにアライメント・マークも含まれる。アライメント・センサの場合、センサの測定格子は、アライメント・センサの解像度を向上させる500nm未満のピッチを有することができる。

10

## 【0012】

本発明の他の観点によれば、  
少なくとも一部分が放射線感光材料の層で被覆された基板を提供するステップと、  
放射線システムを用いて放射線の投影ビームを提供するステップと、  
パターン形成手段を用いて投影ビームの断面にパターンを付与するステップと、  
パターンが形成された放射線ビームを放射線感光材料の層のターゲット部分の上に投影するステップと、

基板テーブル上のオブジェクトと、前記投影ステップで使用される投影システムの最終要素との間の空間の少なくとも一部分を満たすように液体を提供するステップと

20

を含むデバイス製造方法であって、前記放射線ビームを前記浸漬液を通してセンサ上に投影することを特徴とするデバイス製造方法が提供される。

## 【0013】

本明細書では、本発明の装置をICの製造に用いることについて特に言及することがあるが、こうした装置は他にも多くの用途に使用可能であることを明確に理解すべきである。例えば、一体型光学システム、磁気ドメイン・メモリ用の誘導及び検出パターン、液晶ディスプレイ・パネル、薄膜磁気ヘッドなどの製造に使用することができる。こうした別の用途についての文脈では、本明細書中の「レチクル」、「ウェハ」又は「ダイ」という用語の使用はいずれも、それぞれ「マスク」、「基板」及び「ターゲット部分」というより一般的な用語に置き換えて考えられるべきであることが当業者には理解されよう。

30

## 【0014】

本明細書では、「放射線」及び「ビーム」という用語は、(例えば365、248、193、157、又は126nmの波長を有する)紫外線を含むあらゆるタイプの電磁放射線を包含している。

## 【0015】

次に本発明の実施例を、添付の概略図を参照して例示のみの目的で説明する。

## 【0016】

尚、図中において同じ参照記号は同じ部品を指すものであることに留意されたい。

## 【実施例】

40

## 【0017】

## 「実施例1」

図1は、本発明の特定の実施例によるリソグラフィ投影装置を概略的に示している。この装置は、

- ・ この特定の場合には放射線源LAをも備えた、放射線の投影ビーム(例えばDUV放射)PBを供給するための放射線システムEx、ILと、
- ・ マスクMA(例えばレチクル)を保持するためのマスク・ホルダを備えた第1のオブジェクト・テーブル(マスク・テーブル)MTであって、部材PLに対してマスクを正確に位置決めするための第1の位置決め手段に接続された第1のオブジェクト・テーブル(マスク・テーブル)MTと、

50

・ 基板W（例えばレジスト塗布シリコン・ウェハ）を保持するための基板ホルダを備えた第2のオブジェクト・テーブル（基板テーブル）WTであって、部材PLに対して基板を正確に位置決めするための第2の位置決め手段に接続された第2のオブジェクト・テーブル（基板テーブル）WTと、

・ マスクMAの照射された部分を基板Wの（例えば1つ又は複数のダイを含む）ターゲット部分Cに結像させるための投影システム（「レンズ」）PL（例えば屈折系）と

を備えている。本明細書で図示する装置は、（例えば透過性マスクを有する）透過タイプのものである。しかし一般に、例えば（反射性マスクを有する）反射タイプのものであってもよい。あるいは装置には先に言及したタイプのプログラマブル・ミラー・アレイなど、他の種類のパターン形成手段を用いてもよい。

10

#### 【0018】

放射線源LA（例えばエキシマ・レーザー）は放射線ビームを生成する。このビームは、直接、又は例えばビーム・エクスパンダーExなどの調節手段を通過した後に、照明系（照明器）IL内に送られる。照明器ILは、ビームの強度分布の外側及び／又は内側の半径方向範囲（それぞれ一般にoーアウト（oーouter）、oーインナ（oーinner）と呼ばれる）を設定するための調整手段AMを含むことができる。さらに、調整手段AMは、一般には積算器INやコンデンサCOなど他の様々な構成要素を含む。このようにして、マスクMA上に衝突するビームPBは、その断面内に、所望される均一性及び強度分布を有する。

#### 【0019】

20

図1に関して、（例えば放射線源LAが水銀ランプである場合によく見られるように）放射線源LAはリソグラフィ投影装置のハウジング内にあってもよいが、リソグラフィ投影装置から離し、それが生成する放射線ビームを（例えば適切な方向付けミラーを利用して）装置内に導くことも可能であることに留意すべきであり、この後者のケースは、放射線源LAがエキシマ・レーザーである場合によく見られる。本発明及び特許請求の範囲は、これらのケースの両方を包含する。

#### 【0020】

ビームPBはその後、マスク・テーブルMT上に保持されているマスクMAに遮られる。マスクMAを通過したビームPBはレンズPLを通過し、このレンズPLはビームPBを基板Wのターゲット部分Cの上に集束させる。第2の位置決め手段（及び干渉測定手段IF）を用いて、基板テーブルWTを、例えば異なるターゲット部分CをビームPBの経路内に位置決めするように、正確に移動させることができる。同様に、例えばマスク・ライブラリからマスクMAを機械的に取り出した後、又は走査中に、第1の位置決め手段を用いてマスクMAをビームPBの経路に対して正確に位置決めすることができる。一般に、オブジェクト・テーブルMT、WTの移動は、長ストローク・モジュール（粗い位置決め）及び短ストローク・モジュール（細かい位置決め）を用いて実現されるが、これらは図1に明示されていない。しかし、（ステップ・アンド・スキャン式装置ではなく）ウェハ・ステッパの場合には、マスク・テーブルMTを、短ストローク・アクチュエータに接続するだけでもよいし、又は固定してもよい。

30

#### 【0021】

40

図示した装置は、異なる2つのモードで 사용할 ことができる。

1. ステップ・モードでは、マスク・テーブルMTを本質的に静止した状態に保ち、マスクの像全体を1回（すなわち、ただ1回の「フラッシュ」）でターゲット部分Cの上に投影する。次いで、異なるターゲット部分CをビームPBで照射することができるように、基板テーブルWTをx及び／又はy方向に移動させる。

2. 走査モードでは、所与のターゲット部分Cを1回の「フラッシュ」で露光しないことを除けば、本質的に同じ方法が適用される。その代わり、マスク・テーブルMTは速度vで所与の方向（例えばy方向など、いわゆる「走査方向」）に移動可能であり、したがって投影ビームPBはマスクの像全体を走査する。それと同時に、基板テーブルWTを、速度 $V = Mv$ （ただし、MはレンズPLの倍率であり、一般に $M = 1/4$ 又は $1/5$ ）で同

50

じ方向又は反対方向に同時に移動させる。この方法では、解像度を損なうことなく、比較的大きいターゲット部分Cを露光することができる。

#### 【0022】

図2は、投影システムPLと基板ステージWT上に配置された基板Wの間の液体リザーバ10を示している。液体リザーバ10は、入口／出口ダクト13を通して供給される比較的高い屈折率を有する液体11、例えば水や粒子の水懸濁液で満たされている。この液体は、液体中での投影ビームの放射線の波長を空气中又は真空中より短くして、より小さいフィーチャを解像できるようにする効果を有する。投影システムの解像限界は、特に投影ビームの波長及びシステムの開口数によって決まることがよく知られている。液体の存在は、有効開口数を高めるものとも考えることもできる。さらに一定の開口数では、液体は被写界深度を増加させるのに有効である。

10

#### 【0023】

リザーバ10は、液体を閉じ込めて、投影システムPLに面する基板の主要な表面と投影システムPLの最終光学要素の間の空間を満たすように、投影レンズPLの像面の周りに基板Wに対する非接触型シールを形成することが好ましい。リザーバは、投影レンズPLの最終要素の下に配置され、最終要素を囲むシール部材12によって形成される。したがって、液体供給システムは、基板の局部領域のみに液体を供給する。シール部材12は、投影システムの最終要素と基板の間の空間を液体で満たすように液体供給システムの一部を形成する。この液体は、投影レンズの下にシール部材12内の空間に導入される。シール部材12は、投影レンズの底部要素の少し上に延びていることが好ましく、液体は最終要素より上に上昇して、液体の緩衝物を形成する。シール部材12は、上端で投影システム又はその最終要素の形に厳密に一致した内側周縁を有し、それは例えば円筒形であってもよい。底部では内側周縁は像面の形に厳密に一致し、例えば長方形であるが、必ずしもそうであるとは限らない。シール部材は、投影システムに対してXY平面内に実質的に固定されているが、Z方向（光軸の方向）にはある程度の相対移動があってもよい。シール部材と基板表面の間にシールが形成される。このシールは非接触型シールであることが好ましく、ガス・シールとすることができる。

20

#### 【0024】

液体11は、シール装置16によってリザーバ10内に閉じ込められる。図2に示すように、シール装置は非接触型シール、すなわちガス・シールである。ガス・シールは、加圧下で入口15を通してシール部材12と基板Wの間の隙間に供給され、第1の出口14により取り出されるガス、例えば空気や合成空気によって形成される。ガス入口15に対する過剰圧力、第1の出口14に対する真空レベル又は加圧、及び隙間の形状は、液体11を閉じこめる装置の光軸に向かう内向きの高速空気流が形成されるように構成される。任意のシールと同様に、ある種の液体は、例えば第1の出口14を上昇して流出するのに適している。

30

#### 【0025】

図14及び15も、（1つ又は複数の）入口IN、（1つ又は複数の）出口OUT、基板W、及び投影レンズPLの最終要素によって決まる液体リザーバを示している。図2の液体供給システムと同様に、図14及び15に示す液体供給システムは、（1つ又は複数の）入口IN及び（1つ又は複数の）出口OUTを有し、投影システムの最終要素と基板の間の局部領域で基板の主要な表面に液体を供給するようになっており、基板のエッジで液体の損失が生じる可能性がある。

40

#### 【0026】

このように、本明細書で実施例として用いる液体供給システムは、図2、並びに図14及び15に関して記載するものを含むことができる。

#### 【0027】

##### 「実施例2」

第2の実施例を図3～5に示すが、以下に記載することを除けば第1の実施例と同じ又は同様である。

50



## 【0028】

図3及び4の実施例では、エッジ液体供給システムがポート40を通してリザーバ30に液体を供給する。任意選択で、リザーバ30内の液体は液体供給システム内の浸漬液と同じにすることができる。リザーバ30は、投影レンズに対して基板Wの反対側に、基板W及びエッジ・シール部材17、117のエッジに隣接して配置されている。図4では、エッジ・シール部材17は基板テーブルWTとは別の要素からなり、図3では、エッジ・シール部材117は基板テーブルWTの一部によって形成されている。図3から最もよく分かるように、基板Wはいわゆるピンプル・テーブル(pimple table)20によって基板テーブルWT上に支持されている。ピンプル・テーブル20は、基板Wがその上に載る複数の突起を有している。基板Wは、例えば基板を基板テーブルWTの上面に吸引する真空源によって適切な位置に保持される。リザーバ30を用いる場合、基板Wのエッジを結像させているとき(すなわち、液体供給システム内の投影レンズの下の液体が基板のエッジを横切るとき)、空間は既に液体で満たされているため、液体が液体供給システムからエッジ・シール部材17、117と基板Wの間の隙間に漏れ出ることはない。

10

## 【0029】

エッジ・シール部材17を基板テーブルWTの残りの部分に対して移動させるための図4に示した機構170を、図5に詳細に示す。このようにエッジ・シール部材17を移動させる理由は、その主要な表面を基板Wの主要な表面と実質的に同一平面上とすることが可能になることにある。それによって液体供給システムは基板Wのエッジ部分の上を滑らかに移動することが可能になり、その結果、液体供給システムの底部の内側周縁を、一部は基板Wの主要な表面上の位置に、一部はエッジ・シール部材17の主要な表面上の位置に移動させることができるようになる。

20

## 【0030】

レベル・センサ(図示せず)を用いて、基板W及びエッジ・シール部材17の主要な表面の相対高さを検出する。エッジ・シール部材17の主要な表面の高さを調整するため、レベル・センサの結果に基づいて、制御信号がアクチュエータ171に送信される。この目的のために閉ループ・アクチュエータを用いることもできる。

## 【0031】

アクチュエータ171は、軸176を回転させる回転モータである。軸176は、モータ171に対して遠位の末端で円形ディスクに接続されている。軸176はディスクの中心から離れて接続されている。ディスクは円形の陥凹部内の楔形部分172に位置している。玉軸受を用いて、円形ディスクと楔形部分172内の陥凹部の側面の間の摩擦量を低減させることができる。モータ171は、板ばね177によって適切な位置に保持される。ディスクにおいて軸176は偏心した位置にあるため、モータの作動時に楔形部分は図示するように左右に(すなわち楔形部分の傾斜の方向に)駆動される。モータは、ばね177によって楔形部分172の移動方向と同じ方向に移動できないようになっている。

30

## 【0032】

図5に示すように、楔形部分172が左右に移動すると、(エッジ・シール部材17の主要な表面に対して傾斜している楔形部分の表面である)その上面175は、エッジ・シール部材17の底部に固定されている別の楔形部材173の底部の傾斜面に接触する。エッジ・シール部材17は、楔形部材172の移動方向に移動できないようになり、したがって楔形部材172が左及び右に移動すると、エッジ・シール部材17はそれぞれ下降及び上昇する。基板テーブルWTに向けてエッジ・シール部材17にある程度バイアスをかけることが必要になることもある。

40

## 【0033】

別の楔形部材173を、例えば楔形部材172の移動方向に垂直に配置された棒など、別の形で置き換えられることは明らかである。楔形部材172と別の楔形部材173の間の摩擦係数が楔の角度の正接より大きい場合には、アクチュエータ170は自己制動になり、これは楔形部材172を適切な位置に保持するのに手段楔形部材172に対する力を必要としないことを意味する。これは、アクチュエータ171が作動していないときにシ

50

ステムが安定するため有利である。機構 170 の精度は数  $\mu\text{m}$  程度である。

【0034】

特にエッジ・シール部材 17 が基板テーブル WT の一部である場合には、エッジ・シール部材 17、117、及び基板の主要な表面を実質的に同一平面上とすることができるように、基板 W、又は基板 W を支持する部材の高さを調整するための機構を設けることができる。

【0035】

「実施例 3」

第 3 の実施例を図 6 及び 7 に示すが、以下に記載することを除けば第 1 の実施例と同じ又は同様である。

【0036】

この実施例を、基板テーブル WT の一部であるエッジ・シール部材 117 に関して記載する。しかし、この実施例は基板テーブル WT に対して移動可能なエッジ・シール部材 17 にも同様に適用することができる。

【0037】

図 6 a に示すこの実施例の第 1 のバージョンでは、別のエッジ・シール部材 500 を用いて、エッジ・シール部材 117 と基板 W の間の隙間を橋渡しする。この別のエッジ・シール部材は、エッジ・シール部材 117 に取り付けられている。別のエッジ・シール部材 500 は、主要な表面の反対側の基板 W の表面に接し、移動できる状態で取り付けることができる。この実施例では、別のエッジ・シール部材 500 は、基板 W の下部表面に接触するように作動させることが可能な可撓性のあるエッジ・シール部材とすることができる。可撓性のあるエッジ・シール部材 500 が作動していないとき、それは重力を受けて降下して基板から離れる。これを実施する方法を図 7 に示し、以下に記載する。

【0038】

別のエッジ・シール部材 500 は、液体供給システムからの浸漬液が基板 W の下の空間に入り込むのを全て防止するわけではないと考えられ、そのため、この実施例の一部又は全てのバージョンでは、基板 W の下にエッジ・シール部材 117 及び基板 W のエッジに隣接させて、低圧源に接続したポート 46 を設けることができる。もちろん、基板下の領域の設計を第 3 の実施例の設計と同じにすることもできる。

【0039】

基板 W に対してではなく、基板テーブル上の透過イメージ・センサ (TIS) などのセンサに対して、同じシステムを用いることができる。センサの場合には、センサは移動しないので、例えば接着材を用いてエッジ・シール部材 500 を永久的に取り付けることができる。

【0040】

さらにエッジ・シール部材 500 は、底面ではなくオブジェクトの上面 (投影システムに最も近い表面) とかみ合うように構成することができる。また別のエッジ・シール部材 500 を、図 6 a に示すようにエッジ・シール部材 117 の下ではなく、エッジ・シール部材 117 の上面又はその近くに取り付けて提供することもできる。

【0041】

この実施例の第 2 のバージョンを図 6 b に示す。2 つの別のエッジ・シール部材 500 a、500 b が用いられている。これらのエッジ・シール部材の第 1 の部材 500 a は第 1 のバージョンと同じである。これらのエッジ・シール部材の第 2 の部材 500 b は、基板テーブル 20 に、すなわち基板 W の下に取り付けられており、その自由端を有し、その付着点から半径方向外側へ向かって延びている。第 2 の別のエッジ・シール部材 500 b は、第 1 の別のエッジ・シール部材 500 a を基板 W に押しつける。圧縮ガスを用いて、第 2 の別のエッジ・シール部材 500 b を変形又は移動させることができる。

【0042】

この実施例の第 3 のバージョンを図 6 c に示す。第 3 のバージョンは、第 1 の別のエッジ・シール部材 500 c が第 2 の別のエッジ・シール部材 500 d を基板に押しつけるこ

とを除けば、第2のバージョンと同じである。これによって、例えば第2のバージョンの圧縮ガスは不要になる。

【0043】

この実施例は、真空への接続の有無にかかわらず、第2の別のエッジ・シール部材500b、500dのみでも機能することが理解されよう。

【0044】

次に、実施例の第1のバージョンに関して、別のエッジ・シール部材500、500a、500b、500c、500dを変形させる様々な方法を記載する。

【0045】

図7から分かるように、可撓性のある別のエッジ・シール部材500（環状リングであることが好ましい）が延びている方向にチャネル510を形成し、投影システムに面する可撓性のある別のエッジ・シール部材の上面及び基板Wの下面に、（1つ又は複数の）目立たないポートを設ける。真空源515をダクト510に接続することにより、可撓性のある別のエッジ・シール部材を吸引によって基板Wに接触させることができる。真空源515が切り離されるか、又はそのスイッチが切られると、可撓性のある別のエッジ・シール部材500は重力及び／又はポート46からの圧力を受けて降下して、図7に点線で示した位置をとる。

【0046】

別の実施例では、可撓性のある別のエッジ・シール部材500は、基板がピンブル・テーブル20上に配置されると、基板Wに接触するような機械的予荷重で成形され弾性変形して、基板Wに対して上向きに力を加え、それによってシールを形成するようになる。

【0047】

さらに別法では、ポート46への加圧ガスによって生じた過剰圧力により、可撓性のある別のエッジ・シール部材500を基板Wに押しつけることもできる。

【0048】

可撓性のある別のエッジ・シール部材500は、可撓性、並びに放射線及び浸漬液に対する耐性があり、汚染されていない任意の材料、例えば鋼、 $Al_2O_3$ などのガラス、SiCなどのセラミック材料、シリコン、テフロン（登録商標）、低膨張ガラス（例えば、Zerodur（商標）又はULE（商標））、カーボン・ファイバ・エポキシ又は石英から形成することが可能であり、一般に厚さは10～500 $\mu m$ の間、好ましくは30～200 $\mu m$ の間、あるいはガラスの場合には50～150 $\mu m$ の間である。この材料からなるこうした寸法の可撓性のある別のエッジ・シール部材500の場合、ダクト510に加える必要がある一般的な圧力は約0.1～0.6バールである。

【0049】

「実施例4」

第4の実施例を図8に示すが、以下に記載することを除けば第1の実施例と同じ又は同様である。

【0050】

この実施例を、基板テーブルWTの一部であるエッジ・シール部材117に関して記載する。ただしこの実施例は、基板テーブルWTに対して移動可能なエッジ・シール部材117にも同様に適用することができる。

【0051】

第4の実施例では、エッジ・シール部材117と基板Wの間の隙間を別のエッジ・シール部材50で満たす。この別のエッジ・シール部材は、基板W及びエッジ・シール部材117の主要な表面と実質的に同一平面上にある上面を有する、可撓性のある別のエッジ・シール部材50である。可撓性のある別のエッジ・シール部材50が撓むことによって基板Wの直径及び基板Wの厚みのわずかな変化に適応することができるように、この可撓性のある別のエッジ・シール部材50は従順な材料で作成される。液体供給システム内の投影レンズの下の液体が基板のエッジの上を通過するとき、基板W、可撓性のある別のエッジ・シール部材50、及びエッジ・シール部材117の各要素のエッジが互いに締め付け

合っているため、液体がこれらの間を漏れ出ることはない。さらに、基板W及びエッジ・シール部材117の主要な表面、並びに可撓性のある別のエッジ・シール部材50の上面が実質的に同一平面上にあるため、液体供給システムの動作は、それが基板Wのエッジ上を通過するときにも狂うことがなく、したがって液体供給システム内に外乱力は発生しない。

#### 【0052】

図8から分かるように、可撓性のある別のエッジ・シール部材50は、エッジ部分で基板Wの主要な表面の反対側の基板Wの表面に接触している。この接触には2つの役目がある。第1に、可撓性のある別のエッジ・シール部材50と基板Wの間の液状シールが改善される。第2に、可撓性のある別のエッジ・シール部材50が基板Wに対して、ピンプル・テーブル20から離れる方向に力を加える。基板Wが、例えば真空吸引によって基板テーブルWT上に保持されている場合、基板を基板テーブル上に確実に保持することができる。しかし、真空源のスイッチが切られたり、真空源が切り離されたりすると、可撓性のある別のエッジ・シール部材50によって基板Wに対して生成される力が、基板Wを押して基板テーブルWTから離すのに有効となり、それによって基板Wのローディング及びアンローディングの助けとなる。

#### 【0053】

可撓性のある別のエッジ・シール部材50は、PTFEなど放射線及び浸漬液に対して耐性のある材料で作成される。

#### 【0054】

#### 「実施例5」

図9は本発明の第5の実施例を示しているが、以下に記載することを除けば第1の実施例と同じ又は同様である。

#### 【0055】

この実施例を、基板テーブルWTの一部であるエッジ・シール部材117に関して記載する。ただし、この実施例は基板テーブルWTに対して移動可能なエッジ・シール部材17にも同様に適用することができる。

#### 【0056】

図9から分かるように、第5の実施例は、エッジ・シール部材117と基板Wの間の隙間を橋渡しするための別のエッジ・シール部材100を含んでいる。この場合、別のエッジ・シール部材100は、基板Wとエッジ・シール部材117の間の主要な表面の上に、基板Wとエッジ・シール部材117の間の隙間にまたがるように配置されたギャップ・シール部材である。したがって、基板Wが円形であれば、ギャップ・シール部材100も円形（環状）になる。

#### 【0057】

ギャップ・シール部材100は、その底面に（真空ポートを通してエッジ・シール部材117の主要な表面上に現れる真空源である）真空105を適用することにより、適切な位置に保持することができる。基板Wとエッジ・シール部材117の間の隙間全体がギャップ・シール部材100で覆われているため、液体供給システムは液体を失うことなく基板Wのエッジ上を通過することができる。基板ハンドラによってギャップ・シール部材100を適切な位置に置くこと、並びにそれを取り除くことが可能であり、したがって標準的な基板及び基板処理を用いることができる。あるいは、適切な機構（例えば基板処理ロボット）により、ギャップ・シール部材100を投影システムPLの位置に保ち、基板を適切な位置に置くこと、並びにそれを取り除くことができる。ギャップ・シール部材100は、真空源によって変形しないような十分な硬さのものとすべきである。液体供給システムと接触しないようにするために、ギャップ・シール部材100の厚さは50 $\mu$ m未満、好ましくは30 $\mu$ m又は20 $\mu$ m、又はさらに10 $\mu$ mにすると有利であるが、できるだけ薄くするべきである。

#### 【0058】

ギャップ・シール部材100は、ギャップ・シール部材100の厚さがエッジに向かっ

て減少するテーパ付きエッジ 110 を備えていると有利である。このように、ギャップ・シール部材の完全な厚さまで緩やかに変化することにより、液体供給システムがギャップ・シール部材 100 の上を通過するときの乱れが軽減される。

#### 【0059】

同様の方法のシーリングを、センサ、例えば透過イメージ・センサなど他のオブジェクトに対して用いることができる。この場合、オブジェクトを移動させる必要がないので、ギャップ・シール手段 100 を（どちらの端でも）適切な位置に、浸漬液に溶解しない接着剤で接着することができる。あるいは、接着剤をエッジ・シール部材 117、オブジェクト及びギャップ・シール手段 100 の接合部に配置することもできる。

#### 【0060】

さらに、ギャップ・シール手段 100 を、オブジェクト及びエッジ・シール部材 117 の突出部の下に配置することもできる。必要な場合には、オブジェクトも突出部を有する形にすることができる。

#### 【0061】

ギャップ・シール手段 100 は、オブジェクトの上でも下でも、それを通して設けられた、エッジ・シール部材 117 に接触している表面内のある開口からオブジェクトに接触している表面内の別の開口への通路を有することができる。真空 105 と流体連通する 1 つの開口を配置することにより、ギャップ・シール手段 100 を適切な位置にしっかり保持することが可能になる。

#### 【0062】

##### 「実施例 6」

第 6 の実施例を、図 10 を参照して記載する。図 10 に示す解決策は、結像中の基板 W のエッジ部分に伴ういくつかの問題を回避し、また透過イメージ・センサ (TIS) 220 を基板 W と同じ条件下で投影システム PL によって照明できるようにする。

#### 【0063】

第 6 の実施例は、第 1 の実施例に関して記載した液体供給システムを用いる。しかし、浸漬液を基板 W と共に液体供給システム内の投影レンズの下、その下側に閉じこめるのではなく、液体を液体供給システムと基板 W の間に配置された中間板 210 によって閉じこめる。中間板 210 と、TIS 220 及び基板 W の間の空間 222、215 も、液体 111 で満たされている。これは、図示するようなそれぞれのポート 230、240 を介する 2 つの別々の空間の液体供給システムによっても、ポート 230、240 を介する同一空間の液体供給システムによっても実施することができる。したがって、基板 W と中間板 210 の間の空間 215、及び透過イメージ・センサ 220 と中間板 210 の間の空間 222 は、どちらも液体で満たされ、また基板 W と透過イメージ・センサを共に同じ条件下で照明することができる。部分 200 は、中間板 210 を真空源によって適切な位置に保持することができる中間板 210 のための支持表面、又は複数の表面を提供する。

#### 【0064】

中間板 210 は、基板 W 並びに透過イメージ・センサ 220 を全て覆うような大きさで作成される。したがって、基板 W のエッジを結像するときや、透過イメージ・センサを投影レンズ PL の下に配置するときにも、液体供給システムがエッジを通過する必要はない。透過イメージ・センサ 220 及び基板 W の上面は、実質的に同一平面上にある。

#### 【0065】

中間板 210 は取り外し可能とすることができる。例えば、基板処理ロボットや他の適切な機構により、それを適切な位置に置くこと、並びにそれを取り外すことが可能である。

#### 【0066】

上述の実施例は全て、基板 W のエッジの周りをシールするために用いることができる。同様の方法で、液体を通して投影ビームで照明されるセンサ及び／又はマークを含むセンサ、例えば透過イメージ・センサ、一体化されたレンズ干渉計とスキャナ（波面センサ）、並びにスポット・センサ板など、基板テーブル WT 上の他のオブジェクトをシールする

ことが必要になることがある。こうしたオブジェクトには、レベリング・センサ及びアライメント・センサ、及び／又はマークなど、非投影式の放射線ビームで照明されるセンサ、及び／又はマークを含めることもできる。このような場合、液体供給システムはオブジェクト全てを覆うように液体を供給することができる。上述の実施例はいずれも、この目的のために用いることができる。基板Wとは異なりセンサを基板テーブルWTから取り外す必要がないので、場合によっては、オブジェクトを基板テーブルWTから取り外す必要はない。そうした場合には、前述の実施例を適宜変更することができる（例えば、シールを可動にする必要がないこともある）。

#### 【0067】

実施例はそれぞれ、1つ又は複数の他の実施例と適宜組み合わせることができる。さらに、それぞれの実施例（及び実施例の任意の適切な組み合わせ）を、実施可能性に応じて、かつ／又は適宜、エッジ・シール部材117、117をもたない図2、並びに図11及び12の液体供給システムに適用するだけでもよい。

#### 【0068】

エッジ・シール部材117、及びセンサ220の上部外側の大部分のエッジの形は様々でよい。例えば、突出したエッジ・シール部材117、又はむしろ突出しているセンサ220の外側エッジを設けると有利になることがある。あるいは、センサ220の外側上部のコーナーが有用になることもある。

#### 【0069】

##### 「実施例7」

図11は第7の実施例を示しているが、以下に記載することを除けば第1の実施例と同じである。

#### 【0070】

第7の実施例では、基板テーブルWT上のオブジェクトは、透過イメージ・センサ（TIS）などのセンサ220である。浸漬液がセンサ220の下に漏れるのを防止するため、エッジ・シール部材117とセンサ220の間に、浸漬液に不溶性かつ非反応性の接着剤のビーズ700が配置される。使用時に、接着剤は浸漬液に覆われる。

#### 【0071】

##### 「実施例8」

第8の実施例を、図12及び13を参照して記載する。第8の実施例では、基板テーブルWTに対してシールされるのはセンサ220である。図12及び13に示したどちらのバージョンでも、エッジ・シール部材117とセンサ220の間の隙間を通して到達するはずの浸漬液を除去するために、開口通路47及びチャンバ44を有する隙間に隣接して減圧46を設けている。

#### 【0072】

図12のバージョンでは、基板テーブルWT内のオブジェクト220の突出部の下に減圧46を設けている。基板テーブルWTの内側に突き出している突出部内には、通路47を設けている。任意選択で、基板テーブルWTとオブジェクト220の間の突出部内側の大部分のエッジに、接着剤のビーズ700を配置することができる。接着剤のビーズ700を設けない場合には、オブジェクト220の下部からのガス流が、センサ220と基板テーブルWTの間の隙間をシールするのを助ける。

#### 【0073】

図13のバージョンでは、減圧46、区画44及び通路47を、オブジェクト220自体の中の、内側に突き出しているエッジ・シール部材117の下に設けている。この場合も、オブジェクト220と基板テーブルWTの間の、通路47の半径方向外側に接着剤のビーズを任意に設けることができる。

#### 【0074】

##### 高NA検出センサの実施例

図16に示すように、本発明の実施例による基板レベルのセンサは、放射線受容要素（1102、1118）及び放射線検出要素（1108、1124、1140）を有してい

10

20

30

40

50

る。露光放射線は、投影システム P L の最終要素から、投影システム P L の最終要素と基板 W の間の空間の少なくとも一部分を満たしている浸漬液 1 1 を通るよう方向付けされる。これらの要素の詳細な構成は、検出される放射線の特性に依存する。光電池が放射線を直接受け取ることが望ましいケースで用いる場合には、基板レベルでのセンサは光電池のみを有するようにすることができる。あるいは、基板レベルでのセンサは、光電池と組み合わせてルミネセンス層を有することもできる。この構成では、第 1 の波長の放射線はルミネセンス層によって吸収され、少し後に第 2 の（より長い）波長の放射線をさらに放射する。この構成は、例えば光電池が第 2 の波長でより効率的に動作するように設計されている場合に有用である。

#### 【0075】

放射線受容要素（1102、1118）は、同様の機能を果たすピンホール、回折格子又は他の回折要素を有する層とすることが可能であり、石英センサ本体 1120 の上に、すなわち本体の投影システムと同じ側に支持されていてもよい。一方、放射検出要素（1108、1124、1140）はセンサ本体 1120 内に、又はセンサ本体 1120 の投影システムから隔てて面する側に形成された凹状の領域内に配置することができる。

#### 【0076】

屈折率が異なる媒体間の境界では、ある割合の入射放射線が反射され、センサから失われる可能性がある。光学的に滑らかな表面では、これが起こる範囲は放射線の入射角、及び当該の媒体の屈折率の差に依存する。（通常、法線入射から測定される）「臨界角」以上で入射する放射線では全体的な内面反射が生じ、センサの後の要素への信号の重大な損失をまねく恐れがある。このことは、放射線がより高い平均入射角を有する可能性がある高 N A システムで特に問題になることがある。本発明は、高屈折率の媒体と空気の間境界が生じないようにするために、それによって放射線受容要素（1102、1118）と放射検出要素（1108、1124、1140）の間の領域から空気を排除する構成を提供する。

#### 【0077】

部分的及び全体的な内面反射による損失に加えて、吸収によっても光電池に到達する放射線の強度が著しく低下する可能性があり、また光学的に滑らかではない境界からの散乱によっても放射線の強度が低下する可能性がある。

#### 【0078】

図 16 は、従来技術による I L I A S センサ・モジュールを示している。このモジュールは、放射線受容要素として透過板 1104 によって支持された変形格子（shearing grating）構造 1102 を有しており、透過板 1104 はガラス又は石英で作成することができる。量子変換層 1106 がカメラ・チップ 1108（放射線検出要素）のすぐ上に配置され、このカメラ・チップ 1108 は基板 1110 の上に取り付けられている。基板 1110 は、スペーサ 1112 を介して透過板 1104 に接続され、ボンディング・ワイヤ 1114 が放射線検出要素を外部の機器に接続している。量子変換層 1106 と透過板 1104 の間にはエア・ギャップが存在している。例えば、157nm の放射線向けに設計されたこのような構成では、センサ内のエア・ギャップを簡単に取り除くことはできず、したがって、それは放射線を吸収する酸素及び水をかなりの割合で含有することになる。その結果、信号は失われ、これらが有する空気中を通る経路長が長くなるにつれて角度が大きくなるため、結果が悪化する。すなわち、センサに対するダイナミック・レンジの要求がより厳しくなる。

#### 【0079】

図 17 及び 18 は、本発明の実施例による改善された I L I A S センサ・モジュールを示している。図 17 では、透過板 1104 の形をカメラ 1108 に直接取り付けのように変更することにより、エア・ギャップを除去している。この構成は、ボンディング・ワイヤ 1114 用の接近手段を設ける必要があるためにさらに難しいものとなり、また細長い形を必要とする。技術者の立場から見ると、図 18 に示す別の構成の方が実現が容易である。この場合、透過板 1104 と同じ材料からなる、又は同様の光学特性のクッション・

シート 1116 を、透過板 1104 と量子変換層 1106 の間に挿入する。エア・ギャップを除去することによって伝送損失が減少し、ダイナミック・レンジの要求が緩和される（換言すれば、有効ダイナミック・レンジが改善される）。どちらの構成も屈折率の適合性を改善し、透過板 1104 との境界面でのスプリアスな内面反射の範囲を減少させる。

#### 【0080】

図 19a は、従来技術による DUV 透過イメージ・センサを示している。図 19b は、見やすいように処理用要素の拡大図を示している。この場合には放射線受容要素を構成する透過性の溝 1118 のパターンが、スパッタリングによって基板上に堆積させた薄い金属層中に電子ビーム・リソグラフィ及びエッチング技術を用いて実現されている。溝 1118 に向けて投影される任意の DUV 光は、透過板 1104（石英又は熔融石英とすることができ）によって透過され、下にある発光材料 1122、又は「蛍光体」に当たる。発光材料 1122 は、希土類イオンでドーピングした結晶性材料、例えばセリウムでドーピングしたイットリウム-アルミニウム-ガーネット（YAG:Ce）のスラブからなることができる。発光材料 1122 の主な目的は、DUV 放射線をより検出しやすい可視放射線に変換することであり、次いでそれをフォトダイオード 1124 で検出する。吸収されずに蛍光体 1122 によって可視放射線に変換された DUV 放射線は、フォトダイオード 1124 に到達する前に（例えば BG-39 又は UG フィルタ 26 によって）濾去することができる。

#### 【0081】

上述の構成では、センサー・ハウジング 1125 内に取り付けられた構成要素間の隙間に空気が存在し、放射線の伝播を妨げるいくつかの空気／材料／空気の境界面が生じる可能性がある。DUV 放射線及びルミネセンスから生じる放射線の経路を考慮することにより、放射線が失われる可能性がある領域を特定することができるようになる。目的とする第 1 の領域は、DUV 放射線が溝 1118 及び透過板 1104 を通過した後には到達する、透過板 1104 の裏面 1128 である。この場合、表面はドリリングなどの機械的手段によって形成されており、必然的に放射線の波長のスケールに対して粗くなっている。したがって、放射線は散乱により透過板 1104 内に戻るか、又は発光材料 1122 を通過して外に出て失われる可能性がある。第 2 に、この境界面の後、DUV 光は光学的に滑らかな空気／YAG:Ce の境界面に遭遇するが、そこでは、特に高 NA のシステムにおいて、屈折率の不適合によってかなりの量の反射が生じる可能性がある。第 3 に、発光材料 1122 は放射線をランダムな方向に放出する。その比較的高い屈折率により、YAG:Ce／空気の境界での全体的な内面反射の臨界角は、法線から約 33 度となり（YAG:Ce とフィルタの間の隙間に空気が存在する）、これは境界に入射する放射線の大部分がシステムの外に反射され、発光材料 1122 の側壁を通過して失われることを意味している。最後に、フォトダイオードに向けられたルミネセンスの一部は、やはり表面の粗さが検出される信号の損失の原因となる可能性がある、ダイオード表面上の空気／石英の境界面を克服しなければならない。

#### 【0082】

ここまで本発明の特定の実施例について説明してきたが、本発明は記載したものとは別の方法で実施することが可能であることが理解されよう。特に、本発明は他のタイプの液体供給システム、とりわけ局所的な液体領域のシステムに適用することも可能である。シール部材による解決策を用いる場合、シール部材をガス・シールではないシールを用いるものとすることができる。上記説明は本発明を限定するものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0083】

【図 1】本発明の一実施例によるリソグラフィ投影装置を示す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施例の液体リザーバを示す図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施例を示す図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施例の別の形を示す図である。

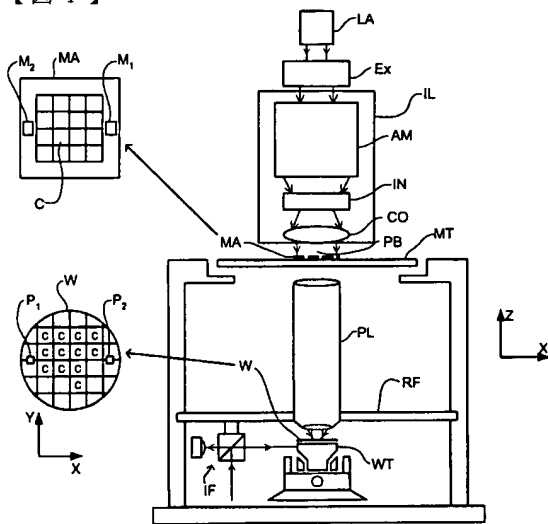
【図 5】本発明の第 2 の実施例の細部を示す図である。



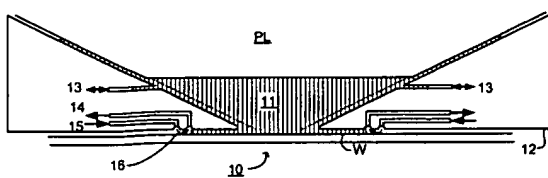
- 【図 6 a】本発明の第 3 の実施例の第 1 のバージョンを示す図である。
- 【図 6 b】第 3 の実施例の第 2 のバージョンを示す図である。
- 【図 6 c】第 3 の実施例の第 3 のバージョンを示す図である。
- 【図 7】本発明の第 3 の実施例の第 1 のバージョンの別の観点を詳細に示す図である。
- 【図 8】本発明の第 4 の実施例を示す図である。
- 【図 9】本発明の第 5 の実施例を示す図である。
- 【図 10】本発明の第 6 の実施例を示す図である。
- 【図 11】本発明の第 7 の実施例を示す図である。
- 【図 12】本発明の第 8 の実施例を示す図である。
- 【図 13】本発明の第 8 の実施例を示す図である。 10
- 【図 14】本発明の一実施例による別の液体供給システムを示す図である。
- 【図 15】図 14 のシステムを平面図として示す図である。
- 【図 16】従来技術による I L I A S センサ・モジュールを示す図である。
- 【図 17】本発明の一実施例による細長い透過板を有する I L I A S センサ・モジュールを示す図である。
- 【図 18】本発明の一実施例によるクッション・シートを有する I L I A S センサ・モジュールを示す図である。
- 【図 19 a】従来技術によるルミネセンス・ベースの D U V T I S を示す図である。
- 【図 19 b】従来技術によるルミネセンス・ベースの D U V T I S を示す図である。 20
- 【符号の説明】
- 【0084】
- C ターゲット部分
- I L 照明器
- I N 入口
- L A 放射線源
- M A マスク
- M T マスク・テーブル
- O U T 出口
- P B 投影ビーム
- P L 投影システム、レンズ 30
- W 基板
- W T 基板テーブル
- 10、30 リザーバ
- 11 液体
- 12 シール部材
- 14 出口
- 15 入口
- 16 シール装置
- 17、117 エッジ・シール部材
- 20 ピンプル・テーブル 40
- 40、46 ポート
- 100 別のエッジ・シール部材、ギャップ・シール部材
- 171 アクチュエータ、モータ
- 172、173 楔形部材
- 176 軸
- 177 板ばね
- 210 中間板
- 220 センサ
- 50、500、500 a、500 b、500 c、500 d 別のエッジ・シール部材
- 510 チャネル、ダクト 50

- 700 接着剤のビーズ  
 1102、1118 放射線受容要素  
 1104 透過板  
 1106 量子変換層  
 1108、1124 放射線検出要素  
 1110 基板  
 1114 ボンディング・ワイヤ  
 1116 クッション・シート  
 1122 発光材料、蛍光体

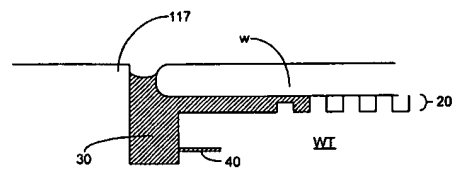
【図1】



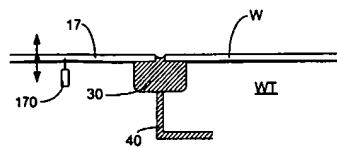
【図2】



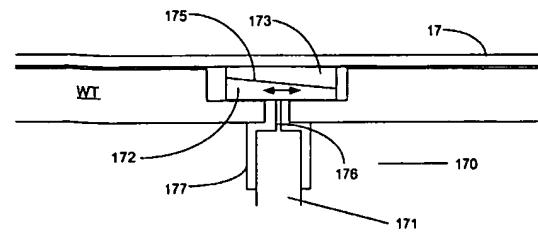
【図3】



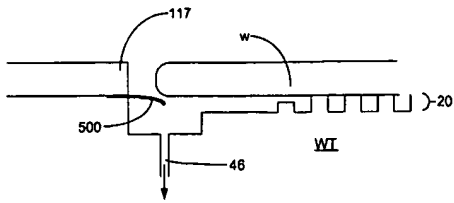
【図4】



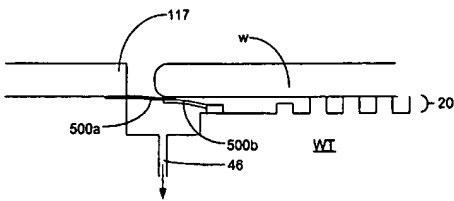
【図5】



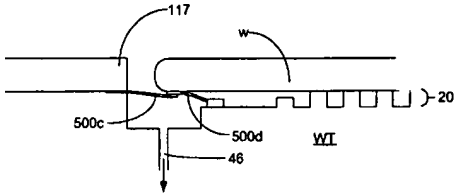
【図 6 a】



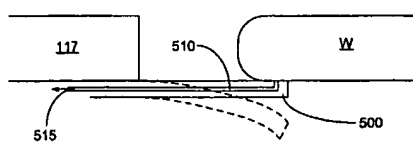
【図 6 b】



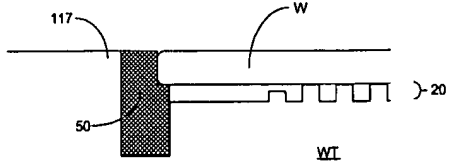
【図 6 c】



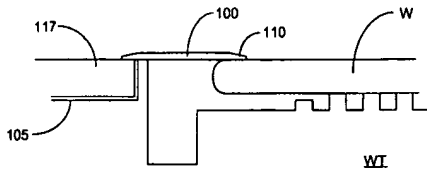
【図 7】



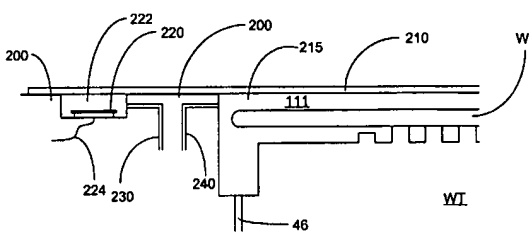
【図 8】



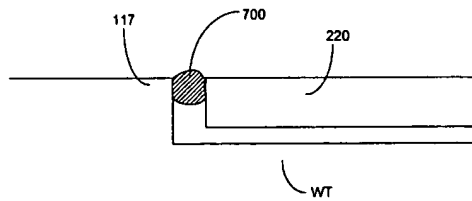
【図 9】



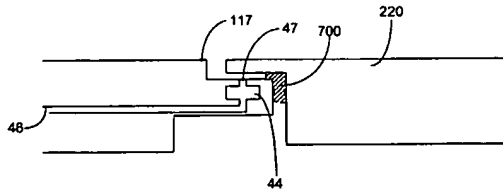
【図 10】



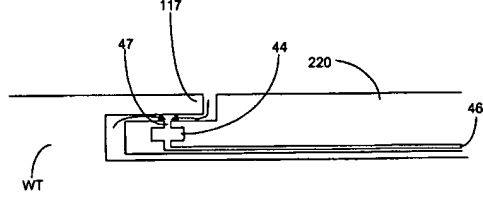
【図 11】



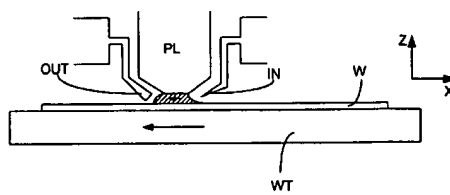
【図 12】



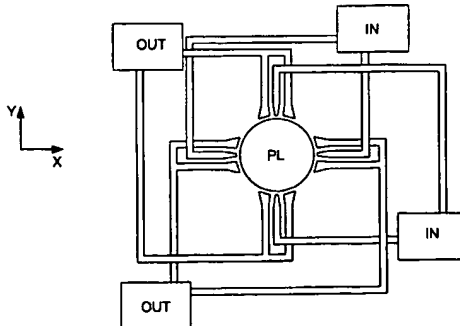
【図 13】



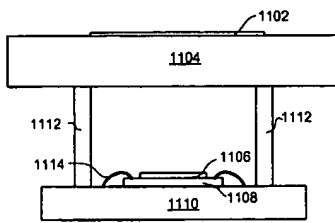
【図 14】



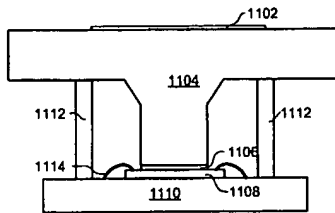
【図 15】



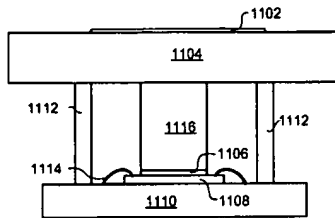
【図 16】



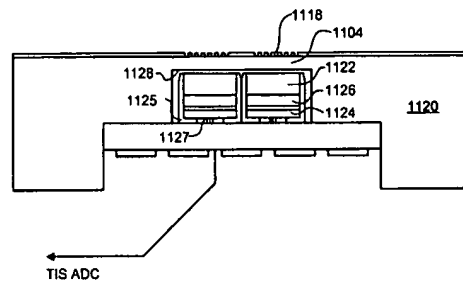
【図 17】



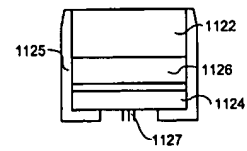
【図 18】



【図 19 a】



【図 19 b】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ジョエリ ロフ  
オランダ国、アイントホーフェン、グラーフ アドルフシュトラート 6
- (72)発明者 ハンス バトラー  
オランダ国、ベシュト、アールトホイフェル 38
- (72)発明者 スジョルド ニコラース ラムベルツス ドンダース  
オランダ国、スヘルトゲンボッシュ、アハター ヘト シュタトヒュイス 24
- (72)発明者 アレクセイ コレスニーチェンコ  
オランダ国、ヘルモント、マルフリートラン 48
- (72)発明者 エリック ロエロフ ローブシュトラ  
オランダ国、ヘーツ、ホディバルデスラン 15
- (72)発明者 ヘンドリクス ヨハネス マリア マイヤー  
オランダ国、フェルトホーフェン、ゲールジター 20
- (72)発明者 ヨハネス カタリヌス ヒューバーツ ムルケンス  
オランダ国、ワールレー、フォート 5
- (72)発明者 ロエロフ アイルコ シープラント リツェマ  
オランダ国、アイントホーフェン、クリスティーナシュトラート 116
- (72)発明者 フランク ファン シュアイク  
オランダ国、アイントホーフェン、グラシュパルキート 12
- (72)発明者 ティモテオス フランシスクス サンジェル  
オランダ国、スヘルトゲンボッシュ、ヴァテリンゲン 183
- (72)発明者 クラウス シモン  
オランダ国、アイントホーフェン、オールデンガールデ 11
- (72)発明者 ヨハネ セオドア デ スミト  
オランダ国、アイントホーフェン、トンゲルレセシュトラート 317エー
- (72)発明者 アレクサンダー シュトラーイユエル  
オランダ国、アイントホーフェン、シクラメンシュトラート 2
- (72)発明者 ボブ シュトレーフケルク  
オランダ国、ティルブルク、エスドールンシュトラート 31
- (72)発明者 エリック セオドルス マリア ビュラールト  
オランダ国、ロスマレン、マックス オイヴェシュトラート 7
- (72)発明者 クリスティアーン アレクサンダー ホーゲンダム  
オランダ国、フェルトホーフェン、ルネト 43
- (72)発明者 ヘルマー ファン サンテン  
オランダ国、アムステルダム、ラーグテ カディユク 17イー
- (72)発明者 マルクス アドリアヌス ファン デ ケルクフォフ  
オランダ国、ヘルモント、ジャン エッテンシュトラート 7エー
- (72)発明者 マルク クローン  
オランダ国、ユトレヒト、グロエネヴェク 49
- (72)発明者 アリー ジュフリー デン ボエフ  
オランダ国、ワールレー、アイケンラン 18
- (72)発明者 ヨーシュト ジェローン オッテン  
オランダ国、フェルトホーフェン、オッペルシュテアーアイ 36
- (72)発明者 ジェローン ヨハネス ソフィア マリア メルテンス  
オランダ国、デュイツェル、ケムプシュトラート 19

Fターム(参考) 2H097 CA13

5F046 CA04 CB01 CB12 CB25 CC01 FA10

【外国語明細書】  
2005005707000001.pdf

### **Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method**

The present invention relates to a lithographic projection apparatus comprising:

- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
- a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
- 5 - a substrate table for holding a substrate;
- a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and
- a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on said substrate table, with
- 10 liquid.

The term "patterning means" as here employed should be broadly interpreted as referring to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a

15 patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate; the term "light valve" can also be used in this context.

Generally, the said pattern will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an integrated circuit or other device (see below). Examples of such patterning means include:

- 20 - A mask. The concept of a mask is well known in lithography, and it includes mask types such as binary, alternating phase-shift, and attenuated phase-shift, as well as various hybrid mask types. Placement of such a mask in the radiation beam causes selective transmission (in the case of a transmissive mask) or reflection (in the case of a reflective mask) of the radiation impinging on the mask, according to the pattern on the
- 25 mask. In the case of a mask, the support structure will generally be a mask table, which ensures that the mask can be held at a desired position in the incoming radiation beam, and that it can be moved relative to the beam if so desired.

- A programmable mirror array. One example of such a device is a matrix-addressable surface having a viscoelastic control layer and a reflective surface. The
- 30 basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the

reflective surface reflect incident light as diffracted light, whereas unaddressed areas reflect incident light as undiffracted light. Using an appropriate filter, the said undiffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light behind; in this manner, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable surface. An alternative embodiment of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of tiny mirrors, each of which can be individually tilted about an axis by applying a suitable localized electric field, or by employing piezoelectric actuation means. Once again, the mirrors are matrix-addressable, such that addressed mirrors will reflect an incoming radiation beam in a different direction to unaddressed mirrors; in this manner, the reflected beam is patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable mirrors. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic means. In both of the situations described hereabove, the patterning means can comprise one or more programmable mirror arrays. More information on mirror arrays as here referred to can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193, and PCT patent applications WO 98/38597 and WO 98/33096, which are incorporated herein by reference. In the case of a programmable mirror array, the said support structure may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

- A programmable LCD array. An example of such a construction is given in United States Patent US 5,229,872, which is incorporated herein by reference. As above, the support structure in this case may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

For purposes of simplicity, the rest of this text may, at certain locations, specifically direct itself to examples involving a mask and mask table; however, the general principles discussed in such instances should be seen in the broader context of the patterning means as hereabove set forth.

Lithographic projection apparatus can be used, for example, in the manufacture of integrated circuits (ICs). In such a case, the patterning means may generate a circuit pattern corresponding to an individual layer of the IC, and this pattern can be imaged onto a target portion (*e.g.* comprising one or more dies) on a substrate (silicon wafer)



that has been coated with a layer of radiation-sensitive material (resist). In general, a single wafer will contain a whole network of adjacent target portions that are successively irradiated via the projection system, one at a time. In current apparatus, employing patterning by a mask on a mask table, a distinction can be made between two different types of machine. In one type of lithographic projection apparatus, each target portion is irradiated by exposing the entire mask pattern onto the target portion in one go; such an apparatus is commonly referred to as a wafer stepper. In an alternative apparatus —commonly referred to as a step-and-scan apparatus — each target portion is irradiated by progressively scanning the mask pattern under the projection beam in a given reference direction (the "scanning" direction) while synchronously scanning the substrate table parallel or anti-parallel to this direction; since, in general, the projection system will have a magnification factor  $M$  (generally  $< 1$ ), the speed  $V$  at which the substrate table is scanned will be a factor  $M$  times that at which the mask table is scanned. More information with regard to lithographic devices as here described can be gleaned, for example, from US 6,046,792, incorporated herein by reference.

In a manufacturing process using a lithographic projection apparatus, a pattern (e.g. in a mask) is imaged onto a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Prior to this imaging step, the substrate may undergo various procedures, such as priming, resist coating and a soft bake. After exposure, the substrate may be subjected to other procedures, such as a post-exposure bake (PEB), development, a hard bake and measurement/inspection of the imaged features. This array of procedures is used as a basis to pattern an individual layer of a device, e.g. an IC. Such a patterned layer may then undergo various processes such as etching, ion-implantation (doping), metallization, oxidation, chemo-mechanical polishing, etc., all intended to finish off an individual layer. If several layers are required, then the whole procedure, or a variant thereof, will have to be repeated for each new layer. Eventually, an array of devices will be present on the substrate (wafer). These devices are then separated from one another by a technique such as dicing or sawing, whence the individual devices can be mounted on a carrier, connected to pins, etc. Further information regarding such processes can be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing",

Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4, incorporated herein by reference.

For the sake of simplicity, the projection system may hereinafter be referred to as the "lens"; however, this term should be broadly interpreted as encompassing various types of projection system, including refractive optics, reflective optics, and catadioptric systems, for example. The radiation system may also include components operating according to any of these design types for directing, shaping or controlling the projection beam of radiation, and such components may also be referred to below, collectively or singularly, as a "lens". Further, the lithographic apparatus may be of a type having two or more substrate tables (and/or two or more mask tables). In such "multiple stage" devices the additional tables may be used in parallel, or preparatory steps may be carried out on one or more tables while one or more other tables are being used for exposures. Dual stage lithographic apparatus are described, for example, in US 5,969,441 and WO 98/40791, incorporated herein by reference.

It has been proposed to immerse the substrate in a lithographic projection apparatus in a liquid having a relatively high refractive index, e.g. water, so as to fill the space between the final optical element of the projection lens and the substrate. The point of this is to enable imaging of smaller features because the exposure radiation will have a shorter wavelength in the liquid than in air or in a vacuum. (The effect of the liquid may also be regarded as increasing the effective NA of the system).

However, submersing the substrate or substrate and substrate table in a bath of liquid (see for example US 4,509,852, hereby incorporated in its entirety by reference) means that there is a large body of liquid that must be accelerated during a scanning exposure. This requires additional or more powerful motors and turbulence in the liquid may lead to undesirable and unpredictable effects.

One of the solutions proposed is for a liquid supply system to provide liquid on only a localized area of the substrate and inbetween the final element of the projection system and the substrate (the substrate generally has a larger surface area than the final element of the projection system). One way which has been proposed to arrange for this is disclosed in WO 99/49504, hereby incorporated in its entirety by reference. As illustrated in Figures 14 and 15, liquid is supplied by at least one inlet IN onto the

substrate, preferably along the direction of movement of the substrate relative to the final element, and is removed by at least one outlet OUT after having passed under the projection system. That is, as the substrate is scanned beneath the element in a  $-X$  direction, liquid is supplied at the  $+X$  side of the element and taken up at the  $-X$  side.

- 5 Figure 15 shows the arrangement schematically in which liquid is supplied via inlet IN and is taken up on the other side of the element by outlet OUT which is connected to a low pressure source. In the illustration of Figure 14 the liquid is supplied along the direction of movement of the substrate relative to the final element, though this does not need to be the case. Various orientations and numbers of in- and out-lets positioned  
10 around the final element are possible, one example is illustrated in Figure 23 in which four sets of an inlet with an outlet on either side are provided in a regular pattern around the final element.

- 15 It is an object of the present invention to provide an immersion lithographic projection apparatus with improved functionality.

- This and other objects are achieved according to the invention in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterized by at least one sensor being positioned for illumination by said projection beam of radiation which has passed  
20 through said immersion liquid. In this way, no elaborate measures need to be taken to compensate the signals from the sensors to take account of the parameters measured by the sensors being measured through a different medium to that which the substrate is imaged through. However, it may be necessary to ensure that the design of the sensors is such that they are compatible for use when immersed with liquid. Sensors which can  
25 take advantage of the present invention include alignment sensors used for aligning the substrate table relative to the projection system, transmission image sensors, focus sensors, spot or dose sensors, an integrated lens interferometer and scanner and even alignment marks. In the case of an alignment sensor, the measurement gratings of the sensor can have a pitch than less than 500 nm which improves the resolution of the  
30 alignment sensor.

According to a further aspect of the present invention, there is provided a device manufacturing method comprising the steps of:

- providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
- 5 - providing a projection beam of radiation using a radiation system;
- using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section;
- projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,
- 10 - providing a liquid to at least partly fill the space between an object on the substrate table and a final element of a projection system used in said step of projecting; characterized by projecting said beam of radiation onto a sensor through said immersion liquid.

15           Although specific reference may be made in this text to the use of the apparatus according to the invention in the manufacture of ICs, it should be explicitly understood that such an apparatus has many other possible applications. For example, it may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film  
20 magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciate that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle", "wafer" or "die" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask", "substrate" and "target portion", respectively.

          In the present document, the terms "radiation" and "beam" are used to  
25 encompass all types of electromagnetic radiation, including ultraviolet radiation (*e.g.* with a wavelength of 365, 248, 193, 157 or 126 nm).

          Embodiments of the invention will now be described, by way of example only,  
30 with reference to the accompanying schematic drawings in which:

Figure 1 depicts a lithographic projection apparatus according to an embodiment of the invention;

Figure 2 depicts the liquid reservoir of the first embodiment of the invention;

Figure 3 illustrates a second embodiment of the invention;

5        Figure 4 illustrates an alternative form of the second embodiment of the present invention;

Figure 5 illustrates a detail of the second embodiment of the present invention;

Figure 6a illustrates a first version of a fourth embodiment of the present invention;

10        Figure 6b illustrates a second version of the fourth embodiment;

Figure 6c illustrates a third version of the fourth embodiment;

Figure 7 illustrates in detail further aspects of the first version of the fourth embodiment of the present invention;

Figure 8 illustrates a fifth embodiment of the present invention;

15        Figure 9 illustrates an eighth embodiment of the present invention;

Figure 10 illustrates a ninth embodiment of the present invention;

Figure 11 illustrates an eleventh embodiment of the present invention;

Figure 12 illustrates a twelfth embodiment of the present invention;

Figure 13 illustrates a thirteenth embodiment of the present invention;

20        Figure 14 illustrates an alternative liquid supply system according to an embodiment of the invention;

Figure 15 illustrates, in plan, the system of Figure 14;

Figure 16 depicts an ILIAS sensor module according to the prior art;

25        Figure 17 depicts an ILIAS sensor module with an elongated transmissive plate according to an embodiment of the present invention;

Figure 18 depicts an ILIAS sensor module with a filler sheet according to an embodiment of the present invention; and

Figure 19a and 19b depict a luminescence based DUV TIS according to the prior art.

30

In the Figures, corresponding reference symbols indicate corresponding parts.

### Embodiment 1

Figure 1 schematically depicts a lithographic projection apparatus according to a particular embodiment of the invention. The apparatus comprises:

- 5       • a radiation system Ex, IL, for supplying a projection beam PB of radiation (*e.g.* DUV radiation), which in this particular case also comprises a radiation source LA;
- a first object table (mask table) MT provided with a mask holder for holding a mask MA (*e.g.* a reticle), and connected to first positioning means for accurately positioning the mask with respect to item PL;
- 10     • a second object table (substrate table) WT provided with a substrate holder for holding a substrate W (*e.g.* a resist-coated silicon wafer), and connected to second positioning means for accurately positioning the substrate with respect to item PL;
- a projection system ("lens") PL (*e.g.* a refractive system) for imaging an irradiated portion of the mask MA onto a target portion C (*e.g.* comprising one or more
- 15     dies) of the substrate W.

As here depicted, the apparatus is of a transmissive type (*e.g.* has a transmissive mask). However, in general, it may also be of a reflective type, for example (*e.g.* with a reflective mask). Alternatively, the apparatus may employ another kind of patterning means, such as a programmable mirror array of a type as referred to above.

- 20       The source LA (*e.g.* an excimer laser) produces a beam of radiation. This beam is fed into an illumination system (illuminator) IL, either directly or after having traversed conditioning means, such as a beam expander Ex, for example. The illuminator IL may comprise adjusting means AM for setting the outer and/or inner radial extent (commonly referred to as  $\sigma$ -outer and  $\sigma$ -inner, respectively) of the intensity
- 25     distribution in the beam. In addition, it will generally comprise various other components, such as an integrator IN and a condenser CO. In this way, the beam PB impinging on the mask MA has a desired uniformity and intensity distribution in its cross-section.

- 30       It should be noted with regard to Figure 1 that the source LA may be within the housing of the lithographic projection apparatus (as is often the case when the source LA is a mercury lamp, for example), but that it may also be remote from the lithographic

projection apparatus, the radiation beam which it produces being led into the apparatus (e.g. with the aid of suitable directing mirrors); this latter scenario is often the case when the source LA is an excimer laser. The current invention and Claims encompass both of these scenarios.

5           The beam PB subsequently intercepts the mask MA, which is held on a mask table MT. Having traversed the mask MA, the beam PB passes through the lens PL, which focuses the beam PB onto a target portion C of the substrate W. With the aid of the second positioning means (and interferometric measuring means IF), the substrate table WT can be moved accurately, e.g. so as to position different target portions C in  
10   the path of the beam PB. Similarly, the first positioning means can be used to accurately position the mask MA with respect to the path of the beam PB, e.g. after mechanical retrieval of the mask MA from a mask library, or during a scan. In general, movement of the object tables MT, WT will be realized with the aid of a long-stroke module (course positioning) and a short-stroke module (fine positioning), which are not  
15   explicitly depicted in Figure 1. However, in the case of a wafer stepper (as opposed to a step-and-scan apparatus) the mask table MT may just be connected to a short stroke actuator, or may be fixed.

The depicted apparatus can be used in two different modes:

1.       In step mode, the mask table MT is kept essentially stationary, and an entire  
20   mask image is projected in one go (*i.e.* a single "flash") onto a target portion C. The substrate table WT is then shifted in the x and/or y directions so that a different target portion C can be irradiated by the beam PB;
2.       In scan mode, essentially the same scenario applies, except that a given target portion C is not exposed in a single "flash". Instead, the mask table MT is movable in a  
25   given direction (the so-called "scan direction", e.g. the y direction) with a speed  $v$ , so that the projection beam PB is caused to scan over a mask image; concurrently, the substrate table WT is simultaneously moved in the same or opposite direction at a speed  $V = Mv$ , in which  $M$  is the magnification of the lens PL (typically,  $M = 1/4$  or  $1/5$ ). In this manner, a relatively large target portion C can be exposed, without having to  
30   compromise on resolution.

Figure 2 shows a liquid reservoir 10 between the projection system PL and the substrate W which is positioned on the substrate stage WT. The liquid reservoir 10 is filled with a liquid 11 having a relatively high refractive index, e.g. water or a suspension of particles in water, provided via inlet/outlet ducts 13. The liquid has the effect that the radiation of the projection beam is a shorter wavelength in the liquid than in air or in a vacuum, allowing smaller features to be resolved. It is well known that the resolution limit of a projection system is determined, inter alia, by the wavelength of the projection beam and the numerical aperture of the system. The presence of the liquid may also be regarded as increasing the effective numerical aperture. Furthermore, at fixed numerical aperture, the liquid is effective to increase the depth of field.

The reservoir 10 forms a preferably contactless seal to the substrate W around the image field of the projection lens PL so that the liquid is confined to fill the space between the substrate's primary surface, which faces the projection system PL, and the final optical element of the projection system PL. The reservoir is formed by a seal member 12 positioned below and surrounding the final element of the projection lens PL. Thus, the liquid supply system provides liquid on only a localised area of the substrate. The seal member 12 forms part of the liquid supply system for filling the space between the final element of the projection system and the substrate with a liquid. This liquid is brought into the space below the projection lens and within the seal member 12. The seal member 12 preferably extends a little above the bottom element of the projection lens and the liquid rises above the final element so that a buffer of liquid is provided. The seal member 12 has an inner periphery that at the upper end closely conforms to the shape of the projection system or the final elements thereof and may, e.g. be round. At the bottom the inner periphery closely conforms to the shape of the image field, e.g. rectangular, though this is not necessarily so. The seal member is substantially stationary in the XY plane relative to the projection system though there may be some relative movement in the Z direction (in the direction of the optical axis). A seal is formed between the seal member and the surface of the substrate. This seal is preferably a contactless seal and may be a gas seal.

The liquid 11 is confined in the reservoir 10 by a seal device 16. As illustrated in Figure 2, the seal device is a contactless seal i.e. a gas seal. The gas seal is formed by



gas, e.g. air or synthetic air, provided under pressure via inlet 15 to the gap between seal member 12 and substrate W and extracted by first outlet 14. The over pressure on the gas inlet 15, vacuum level or under pressure on the first outlet 14 and the geometry of the gap are arranged so that there is a high-velocity air flow inwards towards the optical axis of the apparatus that confines the liquid 11. As with any seal, some liquid is likely to escape, for example up the first outlet 14.

Figures 14 and 15 also depict a liquid reservoir defined by inlet(s) IN, outlet(s) OUT, the substrate W and the final element of projection lens PL. Like the liquid supply system of Figure 2 the liquid supply system illustrated in Figures 14 and 15, comprising inlet(s) IN and outlet(s) OUT, supplies liquid to the primary surface of the substrate in a localised area between the final element of the projection system and the substrate and can suffer from loss of liquid at the substrate edge.

Thus, as used herein for the embodiments, the liquid supply system can comprise that as described in relation to Figure 2 and Figures 14 and 15.

### Embodiment 2

The second embodiment is illustrated in Figures 3 to 5 and is the same or similar as the first embodiment except as described below.

In the embodiment of Figures 3 and 4 an edge liquid supply system provides liquid to a reservoir 30 via a port 40. The liquid in the reservoir 30 is optionally the same as the immersion liquid in the liquid supply system. The reservoir 30 is positioned on the opposite side of the substrate W to the projection lens and adjacent the edge of the substrate W and the edge of the edge seal member 17, 117. In Figure 4, the edge seal member 17 is comprised of an element which is separate to the substrate table WT whereas in Figure 3 the edge seal member 117 is provided by an integral portion of the substrate table WT. As can be seen most clearly from Figure 3, the substrate W is supported on the substrate table WT by a so-called pimple table 20. The pimple table 20 comprises a plurality of projections on which the substrate W rests. The substrate W is held in place by, e.g., a vacuum source sucking the substrate onto the top surface of the substrate table WT. With the use of the reservoir 30, when the edge of the substrate

W is being imaged, (i.e. when liquid in the liquid supply system under the projection lens traverses across an edge of the substrate), liquid cannot escape from the liquid supply system into the gap between the edge seal member 17, 117 and the substrate W because that space is already filled with liquid.

5       The mechanism 170 shown in Figure 4 for moving the edge seal member 17 relative to the remainder of the substrate table WT is illustrated in detail in Figure 5. The reason for moving the edge seal member 17 in this way is so that its primary surface can be made to be substantially co-planar with the primary surface of the substrate W. This allows a smooth movement of the liquid supply system over edge portions of the  
10       substrate W so that the bottom inner periphery of the liquid supply system can be moved to positions partly on the primary surface of substrate W and partly on the primary surface of the edge seal member 17.

      A level sensor (not illustrated) is used to detect the relative heights of the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 17. Based on the results of the  
15       level sensor, control signals are sent to the actuator 171 in order to adjust the height of the primary surface of the edge seal member 17. A closed loop actuator could also be used for this purpose.

      The actuator 171 is a rotating motor which rotates a shaft 176. The shaft 176 is connected to a circular disc at the end distal to the motor 171. The shaft 176 is  
20       connected away from the centre of the disc. The disc is located in a circular recess in a wedge portion 172. Ball bearings may be used to reduce the amount of friction between the circular disc and the sides of the recess in the wedge portion 172. The motor 171 is held in place by leaf springs 177. On actuation of the motor the wedge portion is driven to the left and right as illustrated (i.e. in the direction of the slope of the wedge portion)  
25       because of the excentre position of the shaft 176 in the disc. The motor is prevented from moving in the same direction as the direction of movement of the wedge portion 172 by the springs 177.

      As the wedge portion 172 moves left and right as illustrated in Figure 6, its top surface 175 (which is the surface of the wedge which is sloped in relation to the primary  
30       surface of the edge seal member 17) contacts the bottom sloped surface of a further wedge member 173 which is fixed to the bottom of the edge seal member 17. The edge

seal member 17 is prevented from moving in the direction of movement of the wedge member 172 so that when the wedge member 172 moves left and right the edge seal member 17 is lowered and raised respectively. Some biasing of the edge seal member 17 towards the substrate table WT may be necessary.

5 Obviously the further wedge member 173 could be replaced by an alternative shape, for example a rod positioned perpendicularly to the direction of movement of the wedge 172. If the coefficient of friction between the wedge member 172 and the further wedge member 173 is greater than the tangent of the wedge angle then the actuator 170 is self-braking meaning that no force is required on the wedge member 172 to hold it in  
10 place. This is advantageous as the system will then be stable when the actuator 171 is not actuated. The accuracy of the mechanism 170 is of the order of a few  $\mu\text{m}$ .

Especially in the case of the edge seal member 117 being an integral part of the substrate table WT, a mechanism may be provided to adjust the height of the substrate W or the member supporting the substrate W so that the primary surfaces of the edge  
15 seal member 17, 117 and the substrate can be made substantially co-planar.

### Embodiment 3

The third embodiment is illustrated in Figures 6 and 7 and is the same or  
20 similar as the first embodiment except as described below.

This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

25 In a first version of this embodiment as illustrated in Figure 6a, a further edge seal member 500 is used to bridge the gap between the edge seal member 117 and the substrate W. The further edge seal member is affixed to the edge seal member 117. The further edge seal member 500 is removably attachable against the surface of the substrate W opposite the primary surface. In this embodiment the further edge seal  
30 member 500 can be a flexible edge seal member which is actuatable to contact the under surface of the substrate W. When the flexible edge seal member 500 is deactivated it

falls away from the substrate under gravity. The way this is achieved is illustrated in Figure 7 and is described below.

It is likely that the further edge seal member 500 will not prevent all of the immersion liquid from the liquid supply system from entering the space under the substrate W and for this reason a port 46 connected to a low pressure source may be provided under the substrate W adjacent edges of the edge seal member 117 and the substrate W in some or all of the versions of this embodiment. Of course the design of the area under the substrate could be the same as that of the third embodiment.

The same system can be used for sensors such as a transmission image sensor (TIS) on the substrate table as opposed for the substrate W. In the case of sensors, as the sensors do not move, the edge seal member 500 can be permanently attached to the sensor, for example using glue.

Furthermore, the edge seal member 500 can be arranged to engage with the top surface of the object (that surface closest to the projection system) rather than the bottom surface. Also, the further edge seal member 500 may be provided attached to or near the top surface of the edge seal member 117 as opposed to under the edge seal member 117 as is illustrated in Figure 8a.

A second version of this embodiment is illustrated in Figure 6b. Two further edge seal members 500a, 500b are used. The first of these edge seal members 500a is the same as in the first version. The second of these edge seal members 500b is affixed to the substrate table 20 i.e. underneath the substrate W and extends with its free end radially outwardly from its attachment point. The second further edge seal member 500b clamps the first further edge seal member 500a against the substrate W. Compressed gas can be used to deform or move the second further edge seal member 500b.

A third version of this embodiment is shown in Figure 6c. The third version is the same as the second version except the first further edge seal member 500c clamps the second further edge seal member 500d to the substrate W. This avoids, for example, the need for the compressed gas of the second version.

It will be appreciated that the embodiment will also work with only the second further edge seal member 500b, 500d with or without connection to vacuum.

Various ways of deforming the further edge seal members 500, 500a, 500b, 500c, 500d will now be described in relation to the first version of the embodiment.

As can be seen from Figure 7, a channel 510 is formed in the elongate direction of a flexible further edge seal member 500 (which preferably is an annular ring) and (a) discreet port(s) are provided in an upper surface of the flexible further edge seal member which faces the projection system and the underside of the substrate W. By connecting a vacuum source 515 to the duct 510 the flexible further edge seal member can be made to abut the substrate W by suction. When the vacuum source 515 is disconnected or switched off, the flexible further edge seal member 500 drops under gravity and/or pressure from port 46 to assume the position shown in dotted lines in Figure 9.

In an alternative embodiment a flexible further edge seal member 500 is formed with a mechanical pre-load such that it contacts the substrate W when the substrate is placed on the pimple table 20 and the flexible further edge seal member 500 deforms elastically so that it applies a force upwards on the substrate W to thereby make a seal.

In a further alternative, a flexible further edge seal member 500 may be forced against the substrate W by an overpressure generated by pressurised gas on port 46.

A flexible further edge seal member 500 may be fashioned from any flexible, radiation and immersion liquid resistant, non-contaminating material, for example, steel, glass e.g.  $Al_2O_3$ , ceramic material e.g. SiC, Silicon, Teflon, low expansion glasses (e.g. Zerodur (TM) or ULE (TM)), carbon fibre epoxy or quartz and is typically between 10 and 500  $\mu m$  thick, preferably between 30 and 200  $\mu m$  or 50 to 150  $\mu m$  in the case of glass. With a flexible further edge seal member 500 of this material and these dimensions, the typical pressure which is required to be applied to the duct 510 is approximately 0.1 to 0.6 bar.

#### Embodiment 4

The fourth embodiment is illustrated in Figure 8 and is the same or similar as the first embodiment except as described below.

This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally

applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

In the fourth embodiment the gap between the edge seal member 117 and the substrate W is filled with a further edge seal member 50. The further edge seal member  
5 is a flexible further edge seal member 50 which has a top surface which is substantially co-planar with the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 117. The flexible further edge seal member 50 is made of a compliant material so that minor variations in the diameter of substrate W and in the thickness of the substrate W can be accommodated by deflections of the flexible further edge seal member 50. When liquid  
10 in the liquid supply system under the projection lens passes over the edge of the substrate, the liquid cannot escape between the substrate W, flexible further edge seal member 50 and edge seal member 117 because the edges of those elements are tight against one another. Furthermore, because the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 117 and the top surface of the flexible further edge seal member  
15 50 are substantially co-planar, the liquid supply system operation is not upset when it passes over the edge of the substrate W so that disturbance forces are not generated in the liquid supply system.

As can be seen from Figure 8, the flexible further edge seal member 50 is in contact with a surface of the substrate W opposite the primary surface of the substrate W,  
20 at an edge portion. This contact has two functions. First the fluid seal between the flexible further edge seal member 50 and the substrate W is improved. Second, the flexible further edge seal member 50 applies a force on the substrate W in a direction away from the pimple table 20. When the substrate W is held on the substrate table WT by, e.g. vacuum suction, the substrate can be held securely on the substrate table.  
25 However, when the vacuum source is switched off or disconnected, the force produced by the flexible further edge seal member 50 on the substrate W is effective to push the substrate W off the substrate table WT thereby aiding loading and unloading of substrates W.

The flexible further edge seal member 50 is made of a radiation and immersion  
30 liquid resistant material such as PTFE.

### Embodiment 5

Figure 9 illustrates a fifth embodiment of the present invention which is the same or similar as the first embodiment except as described below.

5        This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

10        As can be seen from Figure 9, the eighth embodiment includes a further edge seal member 100 for bridging the gap between the edge seal member 117 and the substrate W. In this case the further edge seal member 100 is a gap seal member which is positioned on the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 117 to span the gap between the substrate W and edge seal member 117. Thus, if the substrate W is circular, the gap seal member 100 will also be circular (annular).

15        The gap seal member 100 may be held in place by the application of a vacuum 105 to its underside (that is a vacuum source exposed through a vacuum port on the primary surface of the edge seal member 117). The liquid supply system can pass over the edge of the substrate W without the loss of liquid because the gap between the substrate W and the edge seal member 117 is covered over by the gap seal means 100.  
20        The gap seal member 100 can be put in place and removed by the substrate handler so that standard substrates and substrate handling can be used. Alternatively the gap seal member 100 can be kept at the projection system PL and put in place and removed by appropriate mechanisms (e.g. a substrate handling robot). The gap seal member 100 should be stiff enough to avoid deformation by the vacuum source. Advantageously the  
25        gap seal member 100 is less than 50, preferably 30 or 20 or even 10  $\mu\text{m}$  thick to avoid contact with the liquid supply system, but should be made as thin as possible

30        The gap seal member 100 is advantageously provided with tapered edges 110 in which the thickness of the gap seal member 100 decreases towards the edges. This gradual transition to the full thickness of the gap seal member ensures that disturbance of the liquid supply system is reduced when it passes on top of the gap seal member 100.

The same way of sealing may be used for other objects such as sensors, for example transmission image sensors. In this case, as the object is not required to move, the gap seal means 100 can be glued in place (at either end) with a glue which does not dissolve in the immersion liquid. The glue can alternatively be positioned at the  
5 junction of the edge seal member 117, the object and the gap seal means 100.

Furthermore, the gap seal means 100 can be positioned underneath the object and an overhang of the edge seal member 117. The object may be shaped with an overhang also, if necessary.

The gap seal means 100, whether above or below the object, can have a passage  
10 provided through it, from one opening in a surface in contact with the edge seal means 117 to another opening in a surface in contact with the object. By positioning one opening in fluid communication with vacuum 105, the gap seal means 100 can then be kept tightly in place.

#### 15 Embodiment 6

The sixth embodiment will be described with reference to Figure 10. The solution shown in Figure 10 bypasses some of the problems associated with imaging edge portions of the substrate W as well as allows a transmission image sensor (TIS) 220 to be illuminated by the projection lens PL under the same conditions as the  
20 substrate W.

The sixth embodiment uses the liquid supply system described with respect to the first embodiment. However, rather than confining the immersion liquid in the liquid supply system under the projection lens on its lower side with the substrate W, the liquid is confined by an intermediary plate 210 which is positioned between the liquid supply  
25 system and the substrate W. The spaces 222, 215 between the intermediary plate 210 and the TIS 220 and the substrate W are also filled with liquid 111. This may either be done by two separate space liquid supply systems via respective ports 230, 240 as illustrated or by the same space liquid supply system via ports 230, 240. Thus the space 215 between the substrate W and the intermediary plate 210 and the space 220 between  
30 the transmission image sensor 220 and the intermediary plate 210 are both filled with liquid and both the substrate W and the transmission image sensor can be illuminated



under the same conditions. Portions 200 provide a support surface or surfaces for the intermediary plate 210 which may be held in place by vacuum sources.

The intermediary plate 210 is made of such a size that it covers all of the substrate W as well as the transmission image sensor 220. Therefore, no edges need to  
5 be traversed by the liquid supply system even when the edge of the substrate W is imaged or when the transmission image sensor is positioned under the projection lens PL. The top surface of the transmission image sensor 220 and the substrate W are substantially co-planar.

The intermediate plate 210 can be removable. It can, for example, be put in  
10 place and removed by a substrate handling robot or other appropriate mechanism.

All of the above described embodiments may be used to seal around the edge of the substrate W. Other objects on the substrate table WT may also need to be sealed in a similar way, such as sensors including sensors and/or marks which are illuminated with  
15 the projection beam through the liquid such as the transmission image sensors, integrated lens interferometer and scanner (wavefront sensor) and spot sensor plates. Such objects may also include sensors and/or marks which are illuminated with non-projection radiation beams such as levelling and alignment sensors and/or marks. The liquid supply system may supply liquid to cover all of the object in such a case. Any of  
20 the above embodiments may be used for this purpose. In some instances, the object will not need to be removed from the substrate table WT as, in contrast to the substrate W, the sensors do not need to be removed from the substrate table WT. In such a case the above embodiments may be modified as appropriate (e.g. the seals may not need to be moveable).

25 Each of the embodiments may be combined with one or more of the other embodiments as appropriate. Further, each of the embodiments (and any appropriate combination of embodiments) can be applied simply to the liquid supply system of Figure 2 and Figures 11 and 12 without the edge seal member 17, 117 as feasible and/or appropriate.

30 The shape of the edge seal member 117 and the top outer most edge of the sensor 220 can be varied. For example, it may be advantageous to provide an overhanging

edge seal member 117 or indeed an outer edge of the sensor 220 which is overhanging. Alternatively, an outer upper corner of the sensor 220 may be useful.

#### Embodiment 7

5           Figure 11 shows a seventh embodiment which is the same as the first embodiment except as described below.

          In the seventh embodiment the object on the substrate table WT is a sensor 220 such as a transmission image sensor (TIS). In order to prevent immersion liquid seeping underneath the sensor 220, a bead of glue 700 which is undissolvable and unreactable  
10       with the immersion fluid is positioned between the edge seal member 117 and the sensor 220. The glue is covered by immersion fluid in use.

#### Embodiment 8

          The eighth embodiment is described with reference to Figures 12 and 13. In  
15       the eighth embodiment it is a sensor 220 which is being sealed to the substrate table WT. In both versions illustrated in Figures 12 and 13, a vacuum 46 is provided adjacent the gap with an opening passage 47 and a chamber 44 for taking away any immersion liquid which should find its way through the gap between the edge seal member 117 and the edge of the substrate 220.

20           In the Figure 12 version, the vacuum 46 is provided in the substrate table WT under an overhang portion of the object 220. The passage 47 is provided in an overhanging inwardly protruding portion of the substrate table WT. Optionally a bead of glue 700 is positioned at the inner most edge of the protruding portion between the substrate table WT and the object 220. If no bead of glue 700 is provided, a flow of gas  
25       from underneath the object 220 helps seal the gap between the sensor 220 and the substrate table WT.

          In the version of Figure 13, the vacuum 46, compartment 44 and passage 47 are provided in the object 220 itself under an inwardly protruding edge seal member 117. Again there is the option of providing a bead of glue between the object 220 and the  
30       substrate table WT radially outwardly of the passage 47.

Example of High NA Detection Sensor

Substrate-level sensors according to embodiments of the invention comprise a radiation-receiving element (1102, 1118) and a radiation-detecting element (1108, 1124, 1140) as shown in Figure 16. Exposure radiation is directed from the final element of the projection system PL through an immersion liquid 11 at least partly filling a space between the final element of the projection system PL and the substrate W. The detailed configuration of each of these elements depends on the properties of the radiation to be detected. The sensor at substrate level may comprise a photocell only, for use in cases where it is desirable for the photocell to receive the radiation directly. Alternatively, the sensor at substrate level may comprise a luminescence layer in combination with a photocell. In this arrangement, radiation at a first wavelength is absorbed by the luminescence layer and reradiated a short time later at a second (longer) wavelength. This arrangement is useful, for example, where the photocell is designed to work more efficiently at the second wavelength.

The radiation-receiving element (1112, 1118), which may be a layer with a pinhole, a grating or another diffractive element fulfilling a similar function, may be supported on top of a quartz sensor body 1120, i.e. on the same side of the body as the projection system. The radiation-detecting element (1108, 1124, 1140), in contrast, may be arranged within the sensor body 1120, or within a concave region formed on the side of the sensor body 1120 facing away from the projection system.

At boundaries between media of different refractive indices a proportion of incident radiation will be reflected and potentially lost from the sensor. For optically smooth surfaces, the extent to which this occurs depends on the angle of incidence of the radiation and the difference in refractive index of the media in question. For radiation incident at and above a "critical angle" (conventionally measured from normal incidence) total internal reflection may occur, leading to serious loss of signal to later elements of the sensor. This may be a particular problem in high NA systems where radiation may have a higher average angle of incidence. The present invention provides arrangements whereby air is excluded from the region between the radiation-receiving (1102, 1118) and radiation-detecting (1108, 1124, 1140) elements in order to avoid interfaces between media of high refractive index and air.

In addition to losses due to partial and total internal reflection, absorption may also seriously reduce the intensity of radiation intensity reaching the photocell, as may scattering from interfaces that are not optically smooth.

Figure 16 shows an ILIAS sensor module according to the prior art. This module  
5 has a shearing grating structure 1102 as radiation-receiving element, supported by a transmissive plate 1104, which may be made of glass or quartz. A quantum conversion layer 1106 is positioned immediately above a camera chip 1108 (the radiation-detecting element), which is in turn mounted on a substrate 1110. The substrate 1110 is connected to the transmissive plate 1104 via spacers 1112 and bonding wires 1114  
10 connect the radiation-detecting element to external instrumentation. An air gap is located between the quantum conversion layer 1106 and the transmissive plate 1104. In a setup such as this designed for 157 nm radiation, for example, the air gap within the sensor cannot easily be purged so that it will contain significant proportions of oxygen and water, which absorb radiation. Signal is therefore lost and the effect becomes worse  
15 for larger angles as these have a longer path length through air. Thus, the dynamic range requirements for the sensor become more severe.

Figures 17 and 18 show improved ILIAS sensor modules according to embodiments of the present invention. In Figure 17, the air gap has been removed by changing the shape of the transmissive plate 1104 to fit directly to the camera 1108.  
20 This arrangement is made more difficult by the need to provide access for the bonding wires 1114 and necessitates an elongated form. From an engineering point of view, the alternative arrangement shown in Figure 18 is easier to realize. Here, a filler sheet 1116 of the same material as the transmissive plate 1104, or of similar optical properties, is inserted between the transmissive plate 1104 and the quantum conversion layer 1106.  
25 The removal of the air gap reduces transmission losses and relaxes dynamic range requirements (or, alternatively speaking, improves the effective dynamic range). Both arrangements improve refractive index matching and reduce the extent of spurious internal reflections at the interface with the transmissive plate 1104.

Figure 19a shows a DUV transmission image sensor according to the prior art.  
30 Figure 19b shows a magnified view of the processing element for clarity. The pattern of transmissive grooves 1118, constituting the radiation-receiving element in this case, is

realized by means of e-beam lithography and dry etching techniques in a thin metal layer deposited on a substrate by means of sputtering. Any DUV light that is projected towards the grooves 1118 is transmitted by the transmissive plate 1104 (which may be quartz or fused silica) and hits the underlying luminescent material 1122, or “phosphor”.

- 5 The luminescent material 1122 may consist of a slab of crystalline material that is doped with rare-earth ions, e.g. yttrium-aluminium-garnet doped with cerium (YAG:Ce). The main purpose of the luminescent material 1122 is to convert the DUV radiation into more easily detectable visible radiation, which is then detected by the photodiode 1124. DUV radiation that has not been absorbed and converted into visible radiation by the
- 10 phosphor 1122 may be filtered out before it reaches the photodiode 1124 (e.g. by a BG-39 or UG filter 26).

In the above arrangement, air may be present in the gaps between components mounted in the sensor housing 1125, yielding a number of air/material/air interfaces that interrupt the propagation of radiation. By considering the path of DUV radiation and

15 radiation arising from luminescence, it is possible to identify regions where radiation is likely to be lost. The first region of interest is the rear-side 1128 of the transmissive plate 1104, reached by DUV radiation after it has passed through the grooves 1118 and transmissive plate 1104. Here, the surface has been formed by mechanical means, such as by drilling, and is inevitably rough on the scale of the wavelength of the radiation.

- 20 Radiation may therefore be lost due to scattering, either back into the transmissive plate 1104 or out past the luminescent material 1122. Secondly, after this interface, the DUV light encounters the optically smooth air/YAG:Ce interface, where a substantial amount of reflection may occur due to the refractive index mismatch, particularly in systems of high NA. Thirdly, the luminescent material 1122 emits radiation in random directions.
- 25 Due to its relatively high refractive index, the critical angle for total internal reflection at the YAG:Ce/air boundary is around  $33^\circ$  (there is air in the gap between the YAG:Ce and the filter) from the normal, meaning that a large proportion of radiation incident on the boundary is reflected out of the system and lost through the side walls of the luminescent material 1122. Finally, the part of the luminescence that is directed towards
- 30 the photodiode has to overcome the air/quartz interface on the diode surface where surface roughness may again account for loss of detected signal.

Whilst specific embodiments of the invention have been described above, it will be appreciated that the invention may be practiced otherwise than as described. In particular, the invention is also applicable to other types of liquid supply systems, especially localised liquid area systems. If the seal member solution is used, it may be one in which a seal other than a gas seal is used. The description is not intended to limit the invention.

CLAIMS

1. A lithographic projection apparatus comprising:
  - a radiation system for providing a projection beam of radiation;
  - 5 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
  - a substrate table for holding a substrate;
  - a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and
  - 10 - a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on the substrate table, with liquid,  
characterized by at least one sensor being positioned for illumination by said projection beam of radiation which has passed through said immersion liquid.
- 15 2. A lithographic projection apparatus according to claim 1, wherein said substrate table comprises a support surface for supporting an intermediary plate between said projection system and the sensor and not in contact with the sensor.
- 20 3. An apparatus according to claim 2, wherein said substrate table further comprises a transmission image sensor for sensing said beam and wherein said intermediary plate is positionable between said sensor and said projection system.
4. A lithographic projection apparatus according to any one of claims 1 to 3,  
25 wherein said sensor is positioned on said substrate table.
5. A lithographic projection apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said sensor is an alignment sensor used for aligning said substrate table relative to said projection system.

6. A lithographic projection apparatus according to claim 5, wherein measurement gratings of said alignment sensor have a pitch of less than 500 nm.
7. A lithographic projection apparatus according to claim 5 or 6, wherein said alignment sensor is for being illuminated obliquely.
8. A lithographic projection apparatus according to claim 1, 2 or 4, wherein said sensor is a transmission image sensor.
9. A lithographic projection apparatus according to claim 1, 2 or 4, wherein said sensor is a focus sensor.
10. A lithographic projection apparatus according to claim 1, 2 or 4, wherein said sensor is a spot or dose sensor, or an integrated lens interferometer and scanner, or alignment marks.
11. A lithographic projection apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said substrate table further comprises an edge seal member for at least partly surrounding an edge of the sensor and for providing a primary surface facing said projection system substantially co-planar with a primary surface of said sensor and in that said liquid supply system provides liquid to a localised area of said sensor.
12. A device manufacturing method comprising the steps of:
- providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
  - providing a projection beam of radiation using a radiation system;
  - using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section;
  - projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,



- providing a liquid to at least partly fill the space between an object on the substrate table and a final element of a projection system used in said step of projecting; characterized by projecting said beam of radiation onto a sensor through said immersion liquid.

ABSTRACT**Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method**

5           A lithographic projection apparatus is disclosed in which the space between the final element of the projection system and a sensor is filled with a liquid.

10   Fig. 3

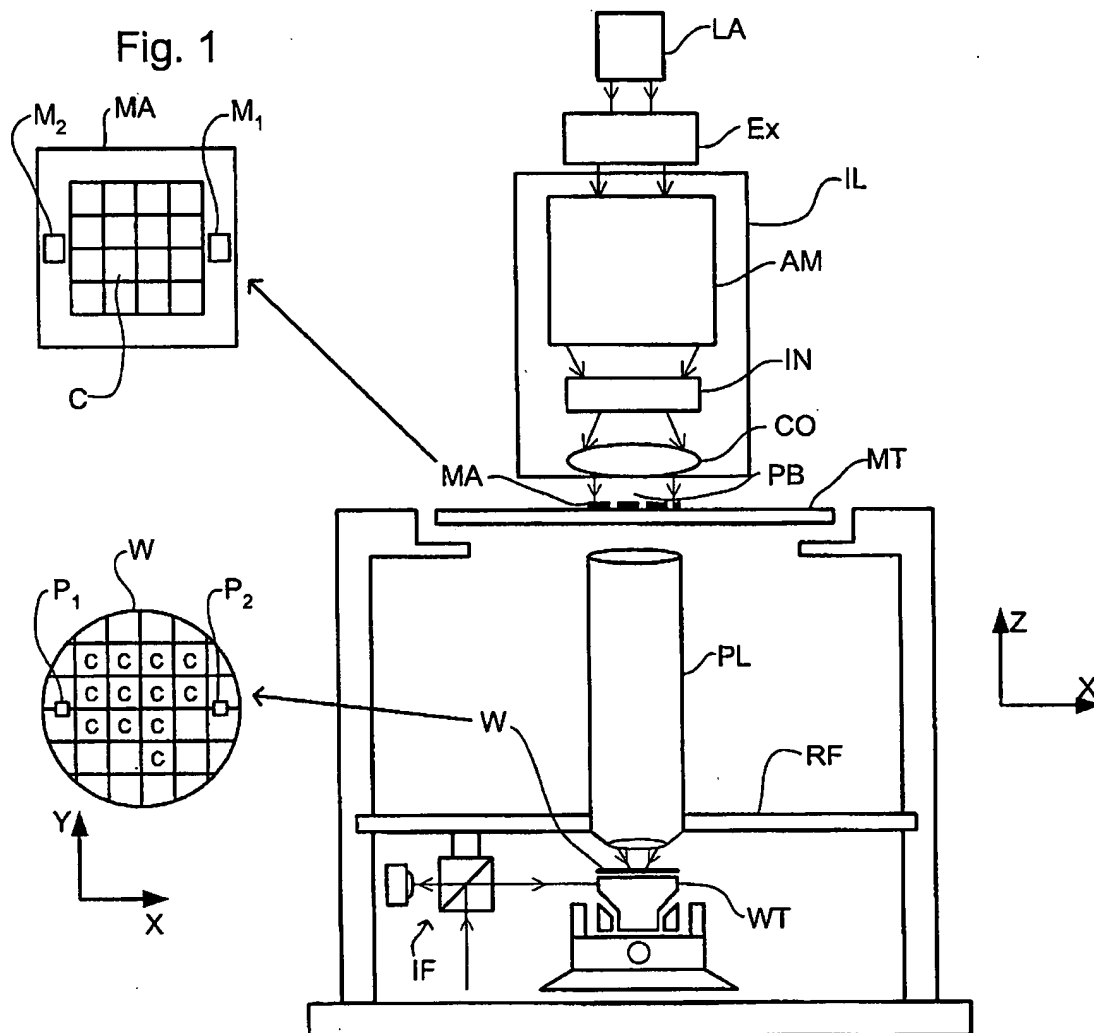


Fig. 2

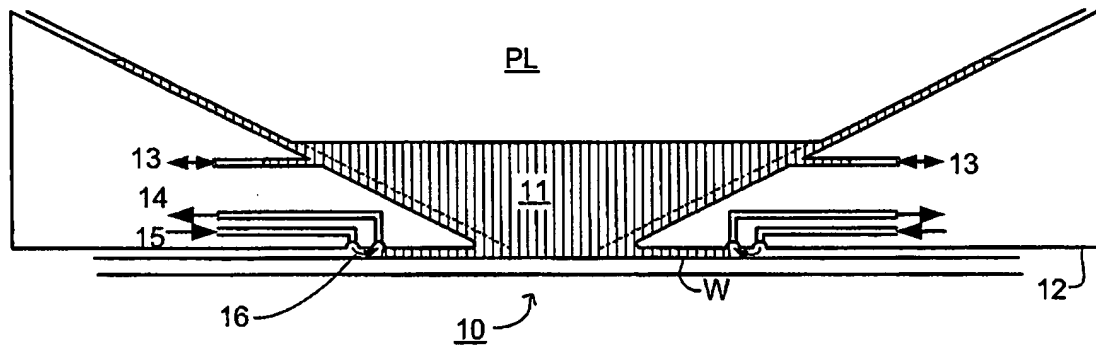


Fig. 3

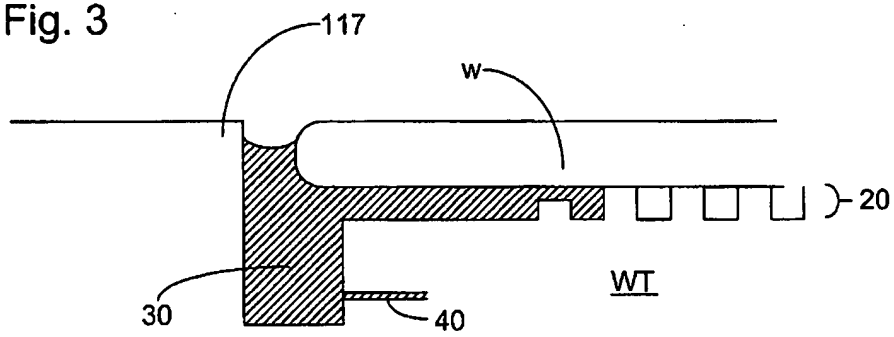


Fig. 4

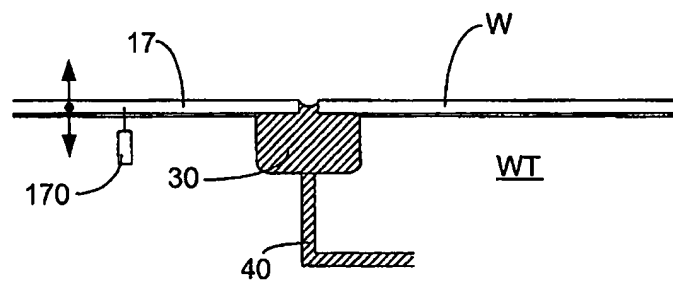


Fig. 5

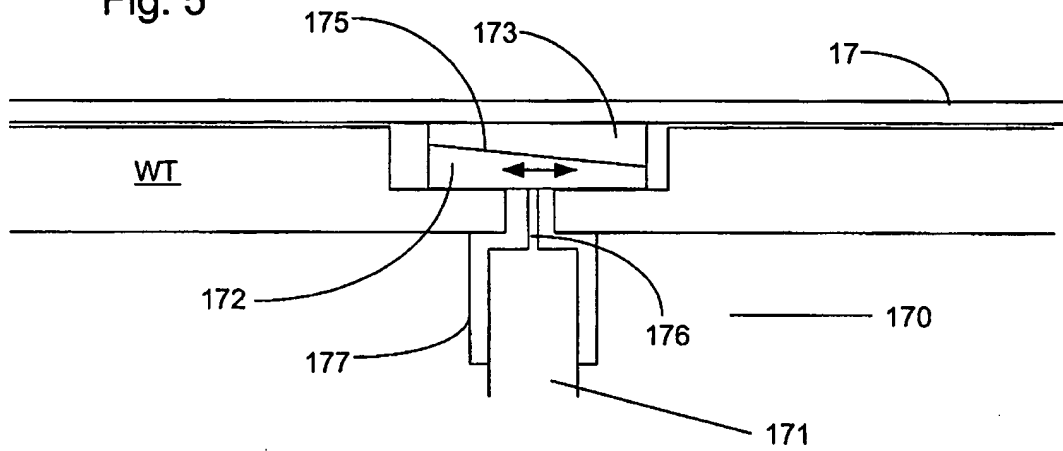


Fig. 6a

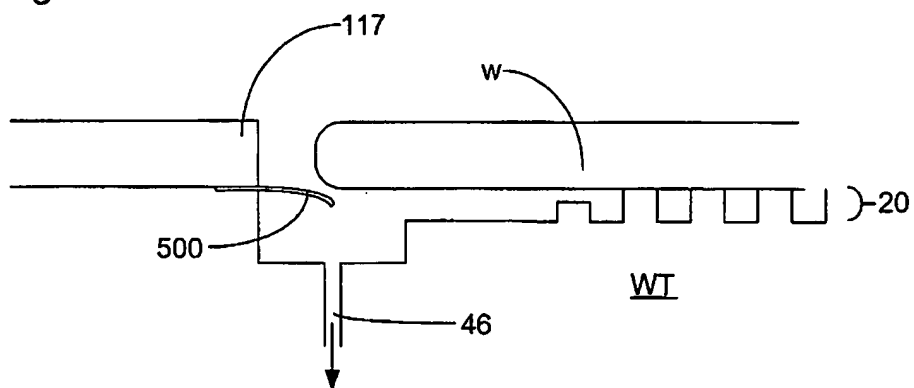


Fig. 6b

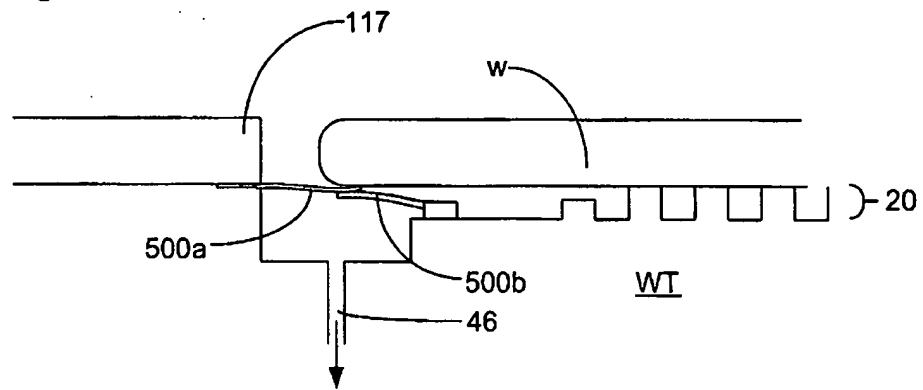


Fig. 6c

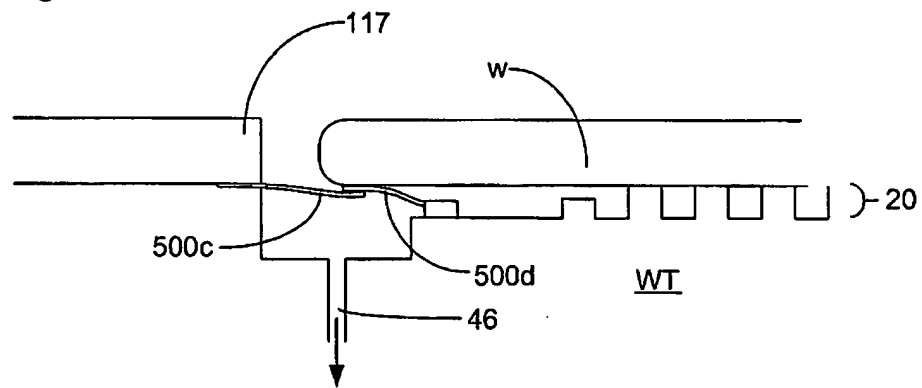


Fig. 7

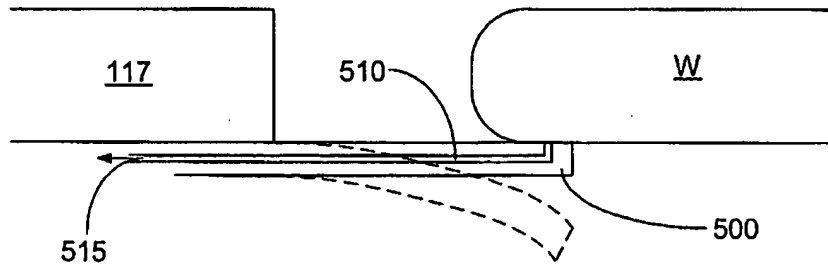


Fig. 8

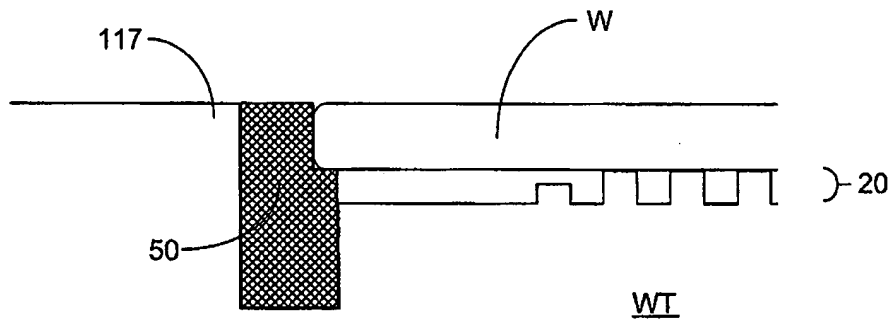


Fig. 9

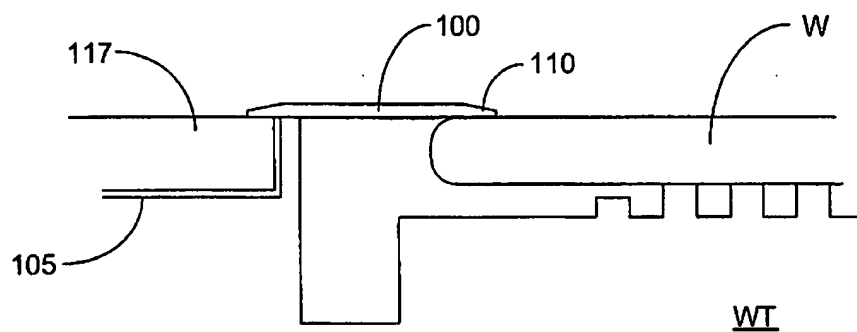


Fig. 10

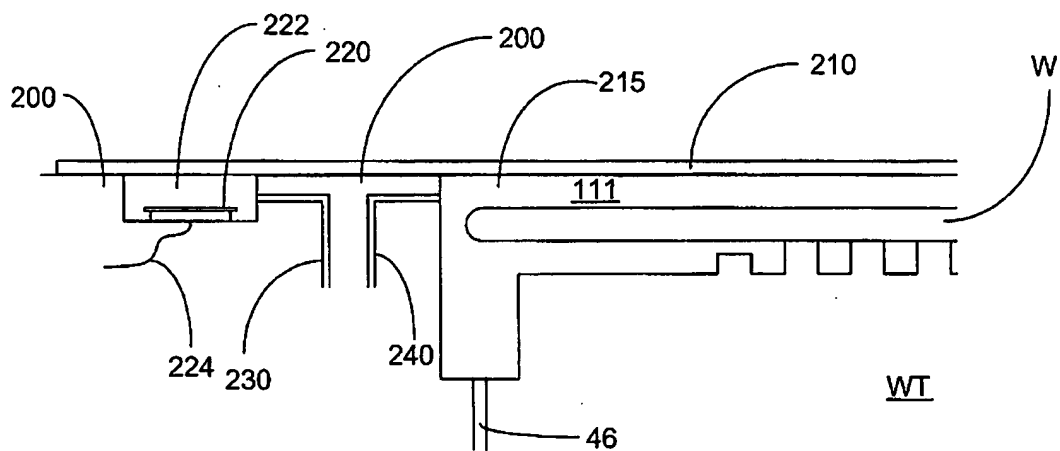




Fig. 11

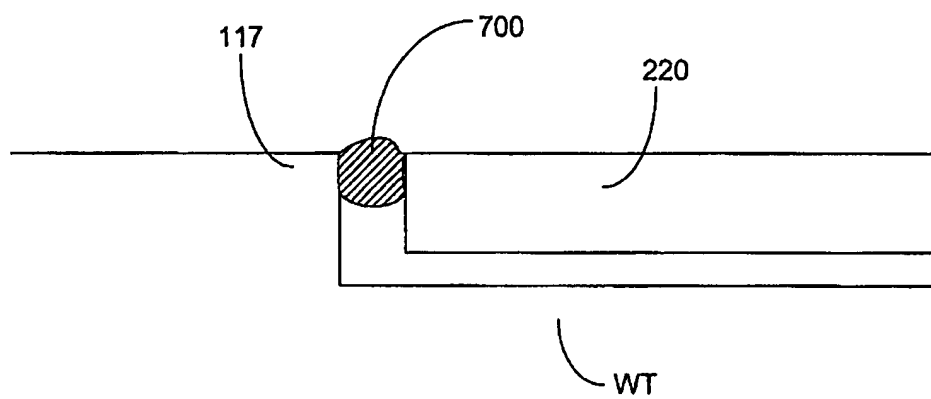


Fig. 12

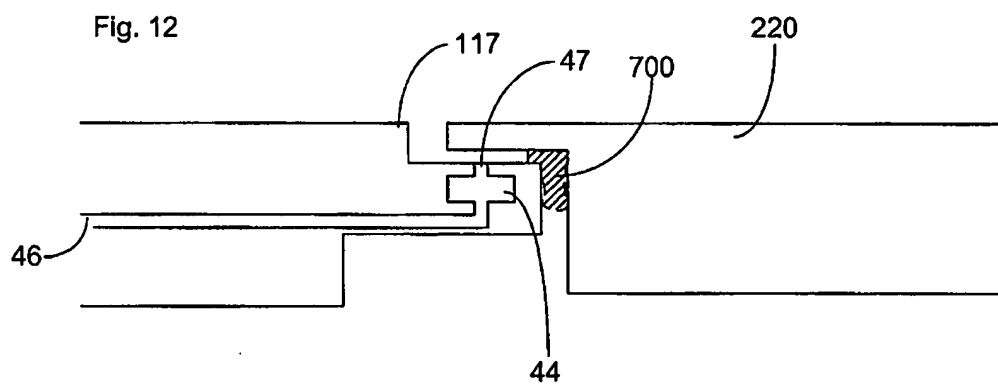


Fig. 13

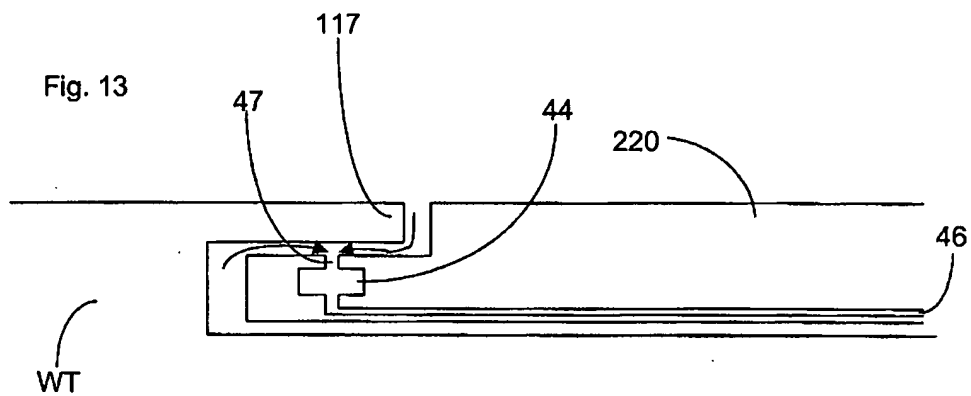


Fig. 14

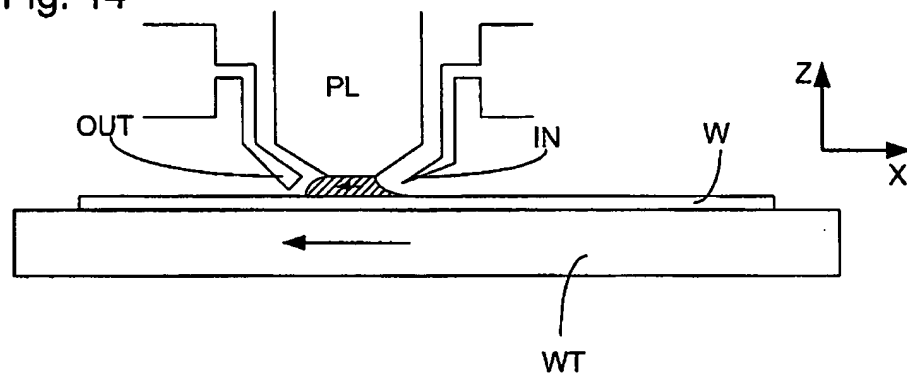


Fig. 15

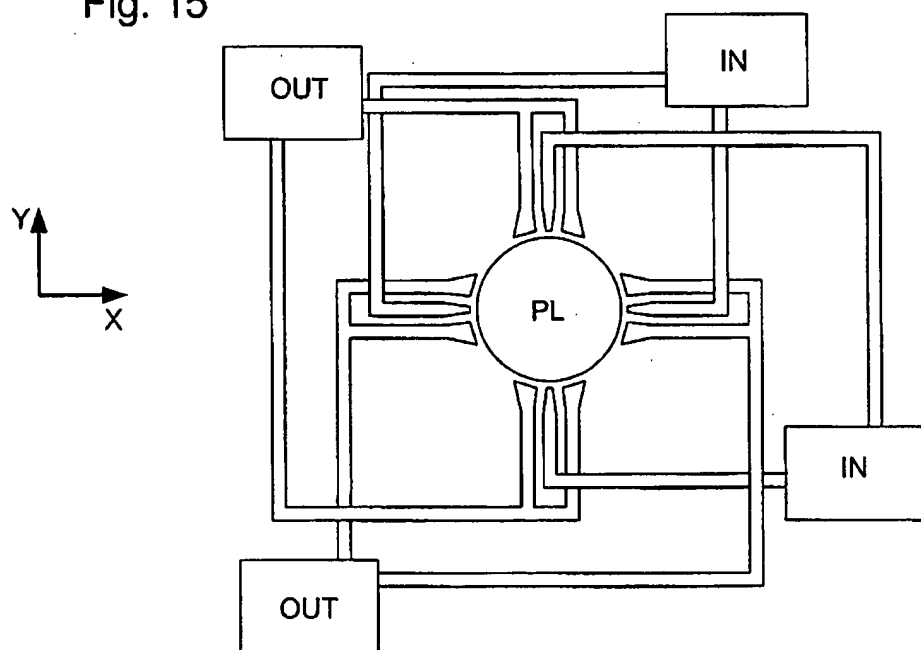


Fig. 16

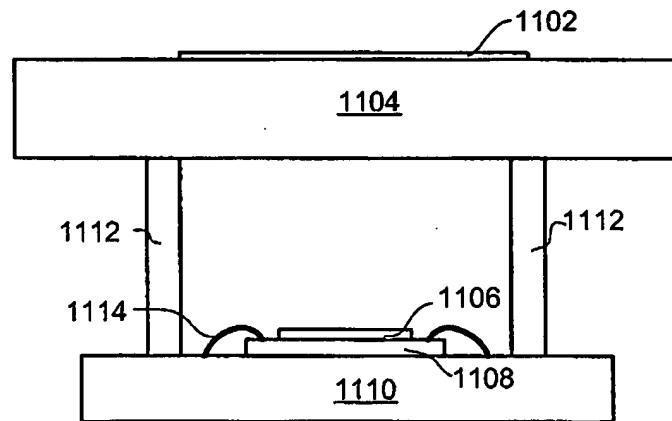


Fig. 17

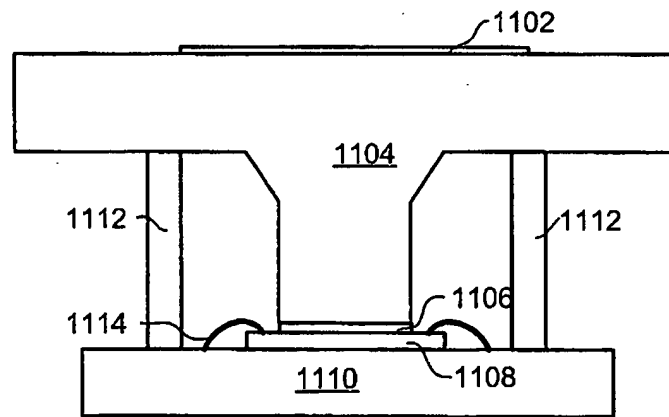


Fig. 18

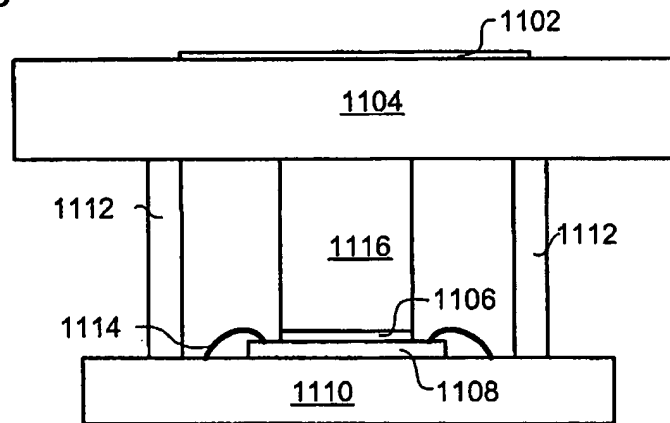


Fig. 19a

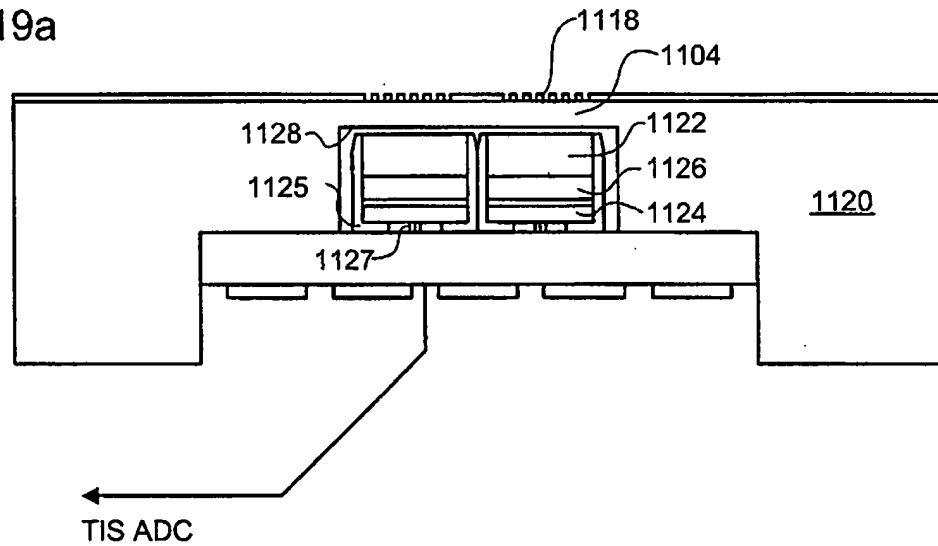


Fig. 19b

